Tijdschrift van het
Nederlands Radiogenootschap

DEEL 26 No. 2 1961

Three interpretations of space-charge waves in electron beams

by H. Groendijk *)

Paper read before the Nederlands Radiogenootschap on 25th March 1960.

Summary

The periodic motions generated in the electron beam of a klystron by a signal applied at the input cavity are examined. Their nature is elucidated by considering the velocities of the individual electrons and the space-charge forces acting on them. Three interpretations of these motions are given, which are connected by simple goniometric relations.

Firstly the phenomenon is interpreted as a single moving wave, the phase velocity of which is equal to the beam velocity and whose amplitude depends sinusoidally on position. Secondly it may be considered as two moving waves of constant amplitude with different phase velocities. According to the third interpretation it is a stream of independent oscillators. The amplitude of each oscillating electron is here proportional to the field strength in the gap of the input cavity at the moment it passes this gap.

The three interpretations are used to make clear how the noise of travelling-wave tubes and klystrons can be reduced, to explain the amplifying mechanism of these tubes and to show their connection with other kinds of electron-beam amplifiers.

1. Introduction

In recent years a large number of amplifying tubes have been invented in which use is made of an electron beam. This is a flow in parallel of electrons with nearly equal velocities. The best-known and most widely used tubes of this type are

*) Philips Research Laboratories, N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken-Netherlands.

klystrons and travelling-wave tubes. In this paper their amplifying mechanism will be described.

Let us first consider a klystron which, at least for our purposes, is the simplest tube. In fig. 1 the most important parts of a klystron are shown. It has two axially symmetrical cavities, i.e. the input and the output cavities. The beam passes through the center of each cavity, where two grids form the

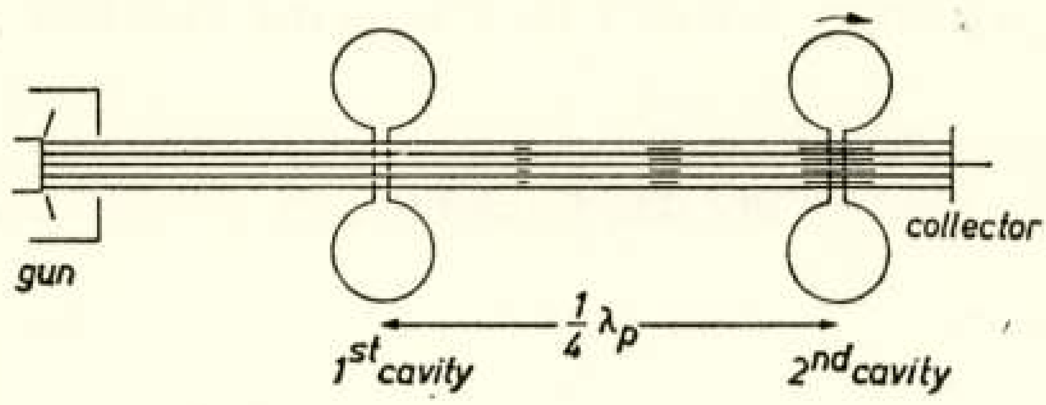


Fig. 1
Cross-section of a klystron with a modulated electron beam.

walls of a narrow gap. If a signal is applied to the first cavity an alternating electric field is generated between its two grids. This field accelerates or decelerates the electrons, depending on the phase of the signal at the moment they pass the gap. The electrons thus acquire different velocities. Due to the velocity variations density variations are generated in the beam by bunching. These density variations give rise to electrostatic forces, which in their turn affect the electron velocities.

If we want to know exactly what happens in such a beam we must write down the Maxwell equations for the fields and the force equations for the electrons and then solve these simultaneous equations. This has been done by several authors [1,2]) who used suitable approximations. The amplification of signals by means of electron beams will here be treated in a different way. We shall show that one can obtain an insight into these phenomena without using such elaborate calculations. Successively we shall deal with

a) The waves that can be generated in an electron beam (sect. 2).
b) Why these waves can be used for the amplification of a signal (sect. 3).
c) Why an electron beam produces noise and what measures can be taken to reduce its contribution to the output power

(sect. 4). For b) and c) two different interpretations of the waves will be used.

d) Finally a third interpretation of the waves is given, which will enable us to extend our considerations to a still bigger class of electron-beam tubes.

2. Space-charge waves

In order to show what happens in the beam of a klystron, we have given in fig. 2a the positions of a number of electrons at the moment when a signal had for some time been applied to the cavity. In each cycle of the signal a large number of electrons passes the gap, only four of which have been drawn. One electron, which is indicated by a white circle, had passed the gap at the moment that the field produced maximum acceleration. An electron indicated by a black circle passed when the field was maximally decelerating, while the hatched circles represent electrons that passed when there was no field between the two grids. The latter have kept the same velocity u_0 possessed by all the electrons before passing the cavity.

Because fig. 2a shows the position of the electrons of the beam at one particular moment, it is clear that the electrons further to the right had passed the cavity some time previously. Electrons that have been moving for a few cycles show the effect of bunch formation that was mentioned in sect. 1. Due to these bunchings another effect is going to play a role, i.e. the mutual repulsion of the electrons. In a beam with constant density these forces cancel each other out *). The forces of repulsion are indicated by arrows. They increase (longer arrows) with increasing density variations.

These forces retard the originally accelerated electron while the originally decelerated ones speed up, as is apparent from fig. 2a. Hence the velocity differences diminish until they become zero momentarily. Then the formation of maxima and minima of electron density stops. At this point B in fig. 2a there are no longer any velocity differences in the beam. Instead density differences have arisen.

Meanwhile the forces of repulsion are still active and they are decelerating the originally fast electrons, i.e. the white

*) Here we only take into account movements and forces in the direction of flow. In sect. 5 we shall discuss why this is permissible.

circles. Therefore these electrons will acquire a velocity that is less than the mean velocity u_0; this is indicated by the letter s. The speed of the originally slow electrons (black circles), however, becomes greater than u_0, which fact is indicated by the letter f. Thus the velocity differences increase again and the density differences decrease accordingly. This process takes place to the right of B in fig. 2a.

It should be remembered that this figure shows an instantaneous situation. In reality there is, of course, a constant flow of electrons represented by white, black and hatched circles, which are initially equidistant but form bunches due to their velocity differences. Hence they first loose their velocity diffe-

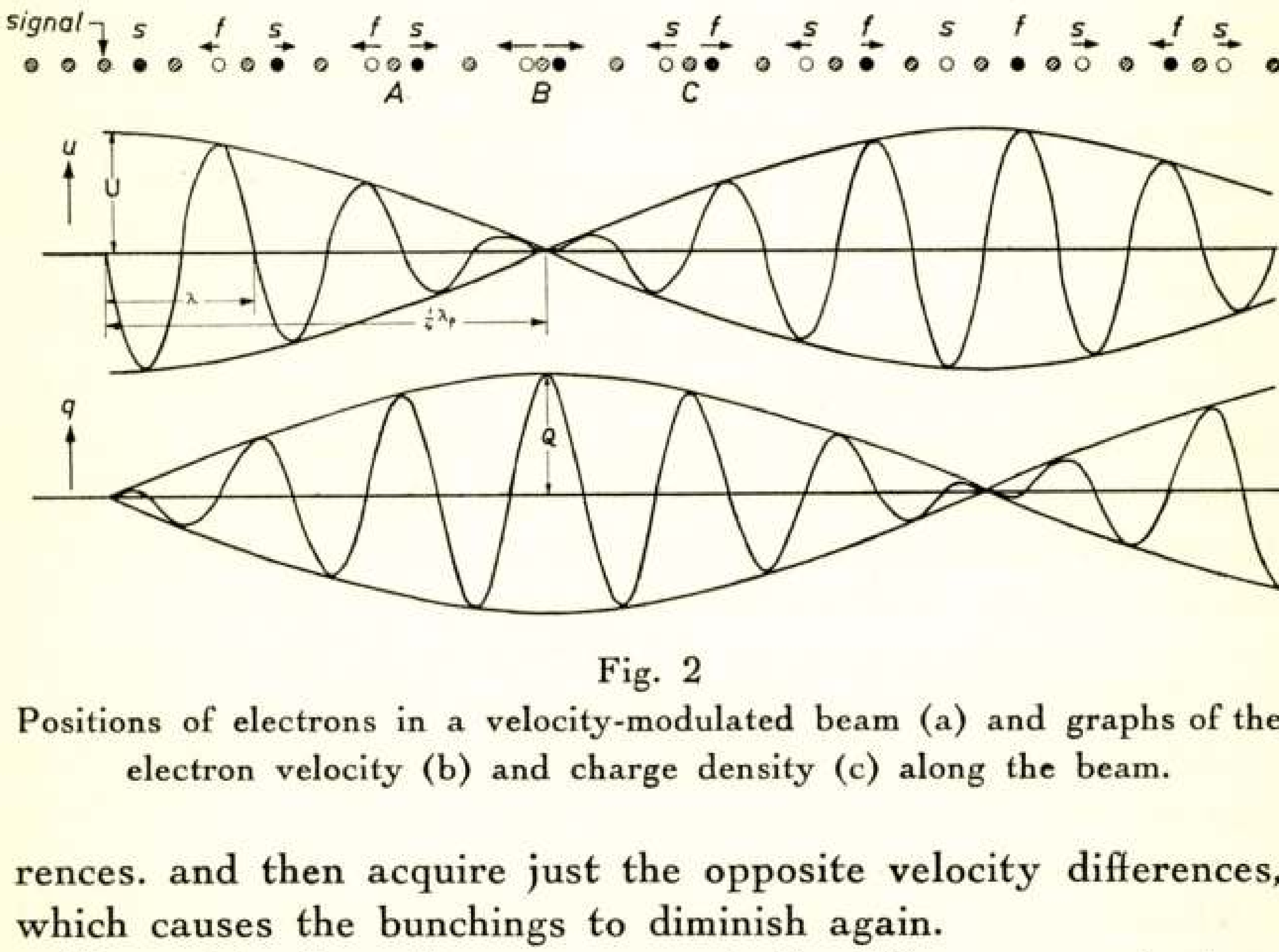


Fig. 2

Positions of electrons in a velocity-modulated beam (a) and graphs of the electron velocity (b) and charge density (c) along the beam.

rences. and then acquire just the opposite velocity differences, which causes the bunchings to diminish again.

The point where there are no velocity differences, and where bunching is most intense, is always the same. To prove this let us consider the situation one signal period later than that obtaining in fig. 2a. All electrons have moved to the right and a new group of four circles has entered from the left. Group A of fig. 2a is then at position B and has become a little denser. The group that had a minimum of velocity variations at B in fig. 2a has now moved to position C and has become a little less dense. So the maximum of electron density and the minimum of velocity variations are again found at B.

This point B may therefore be considered as a node for the

velocity variations. Such fixed nodes we also find in the standing waves of organ pipes or stretched wires. Here, however, we are not dealing with a true standing wave [3]). This may be shown best by plotting the deviation u from the mean velocity u_0 as a function of position z along the beam (fig. 2b). We find a cosine function with periodically varying amplitude. The hatched circles correspond to the points where the curve crosses the z-axis. The circles indicated by f correspond to the peaks of the curve and the circles with s correspond to the troughs. Now during one signal period the whole curve moves to the right over a distance λ (while the amplitudes are slowly changing). So it is a wave moving continuously from left to right within a fixed envelope and therefore it is essentially different from a standing wave.

The periodic motions induced in the beam by the signal may thus be considered as a moving wave with position-dependent amplitude. Its phase velocity is equal to the beam velocity u_0. This we shall call the first interpretation of the space-charge waves.

It should be remarked here that an essential point of the above theory is that the electrons do not overtake each other. This applies if the signal is small. For large signals a different theory [4,5]) should be used in which the effect of overtaking is taken into account.

3. Amplification

Now we can show how the signal in the beam of a klystron can be utilised and we shall again consider the density variations in the beam. The graph in fig. 2c shows the deviation q from the mean density q_0 as a function of position. Here a positive q means that the electron density is higher than normal. Thus the peaks of the graph in fig. 2c correspond to points of highest density. This graph is similar to that of fig. 2b, but the envelope has been shifted through $\frac{\pi}{2}$. The moving wave has been shifted too, but this is of no account here. The variation i of the electron current is equal to $u_0 q + q_0 u$. It can be proved that the amplitude of $\frac{u}{u_0}$ is much smaller than the amplitude of $\frac{q}{q_0}$, so that the convection current is mainly determined by $u_0 q$.

A graph of i has, therefore, practically the same shape as the graph in fig. 2c. Now we place (see fig. 1) a second cavity at the point where there is a maximum of current variation, corresponding to B in fig. 2a. Then a fluctuating current passes through this cavity. This will give rise to an alternating electromagnetic field in the cavity. The signal can thus be coupled out, i.e. it has been transported by the beam from the input to the output of the amplifier.

This does not yet, however, explain how amplification can be obtained in this way, i.e. why more power can be drawn from the output cavity than is put into the beam by the input cavity. For this we must first investigate in greater detail the mechanism of the space-charge wave in the beam.

Let us try and derive a formula for this wave; first for u and then for q as a function of the distance z from the input cavity, at the time $t = 0$ corresponding to fig. 2a. u can then be written as

$$u = U \sin\left(-\frac{2\pi z}{\lambda}\right)\cos\frac{2\pi z}{\lambda_p} \tag{1}$$

The last factor represents the envelope. Its 'wavelength' λ_p is called the plasma wavelength, and we shall revert to the meaning of this name in sect. 5. If we want to indicate how u depends on time, the first factor should represent a moving wave as was proved in the preceding section. Hence

$$u = U \sin\left(\omega t - \frac{2\pi z}{\lambda}\right)\cos\frac{2\pi z}{\lambda_p}$$

where ω is the angular frequency of the signal. ω and λ are related by

$$\frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\omega}{u_0}$$

If this signal frequency is introduced instead of λ and in an analogous way the 'plasma frequency' ω_p is used instead of λ_p, we obtain

$$u = U \sin\omega\left(t - \frac{z}{u_0}\right)\cos\omega_p\frac{z}{u_0} \tag{2}$$

In the same way the density variation q as a function of z and t may be written as

$$q = Q \cos \omega \left(t - \frac{z}{u_0}\right) \sin \omega_p \frac{z}{u_0} \tag{3}$$

Formulae (2) and (3) are the mathematical equations of our first interpretation of space-charge wave. With the aid of well-known goniometric formulae, (2) and (3) may both be written as the sum of two sine waves.

$$u = \tfrac{1}{2}\, U \sin \omega \left(t - \frac{\omega - \omega_p}{\omega} \frac{z}{u_0}\right) + \tfrac{1}{2}\, U \sin \omega \left(t - \frac{\omega + \omega_p}{\omega} \frac{z}{u_p}\right)$$

$$q = \tfrac{1}{2}\, Q \sin \omega \left(t - \frac{\omega - \omega_p}{\omega} \frac{z}{u_0}\right) - \tfrac{1}{2}\, Q \sin \omega \left(t - \frac{\omega + \omega_p}{\omega} \frac{z}{u_0}\right)$$

Now we have expressed both u and q as the sum of two moving waves with constant amplitudes, instead of one moving wave with a z-dependent amplitude. Due to the way in which they have been generated, viz. by one cavity, they have equal amplitudes. Below we shall give an example of generating space-charge waves with different amplitudes.

We have thus found a second interpretation of the space-charge waves. By putting the arguments of the sines equal to zero we find the velocities of points with constant phase. These phase velocities of the two waves are

$$u_f = u_0 \frac{\omega}{\omega - \omega_p}, \text{ and } u_s = u_0 \frac{\omega}{\omega + \omega_p}.$$

If $\omega >> \omega_p$, as is usually the case in klystrons and travelling-wave tubes, u_f is somewhat larger than u_0 and u_s is somewhat smaller than u_0. The two waves are therefore called the fast wave and the slow wave.

So far the appearance of these two waves might seem a mathematical artifice. They become real, however, if a method can be devised for the separate generation of each of them. In order to find this method we direct our attention to the fact that u and q in the fast wave are in phase and that they are of opposite phase in the slow wave. Now this provides a method of generating, for instance, the slow wave only. For

this purpose we place a second cavity at a point where there are only density variations. This is the case at a distance $\frac{1}{4}\lambda_p$ from the first cavity, and also at $\frac{3}{4}\lambda_p$ etc. So we again have the situation shown in fig. 1. Now a signal is applied to the second cavity which has the same frequency and amplitude as the signal on the first cavity and a phase such that the electrons obtain velocity variations that are in antiphase with the density variations. Thus the conditions for the slow wave are fulfilled, i.e. there is no fast wave to the right of the second cavity.

The fact that for generating the slow wave the impressed velocity variations should be in antiphase with the density variations means that we must accelerate the electrons, i.e. supply energy, when relatively few electrons are passing, and that we must decelerate them, i.e. take away energy, when many electrons are passing. Overall we thus receive more energy than is added to the beam. In other words: if a slow wave is generated energy is supplied by the beam. It should be remarked here that in the first cavity no energy transfer takes place (provided that the width of the gap is much smaller than λ), since there as many electrons are accelerated as are decelerated. Hence it is a characteristic of a beam with a slow wave that its energy is less than that of an unmodulated beam. This is often expressed by saying that a slow wave has a negative energy [6]).

This can also be understood from the following argument. In a slow wave the velocities of the electrons are smaller than u_0 at points with a high electron density and larger than u_0 at points with a low density. The mean velocity of the electrons is therefore smaller than u_0. The velocity u_0 itself is still the average electron velocity if the average is taken over z. We should therefore distinguish three velocities in a slow wave.

a) The velocity u_0, i.e. the average over the distance z.
b) The mean velocity, averaged over all the electrons. This velocity is smaller than u_0 and depends on the amplitude of the wave.
c) The phase velocity u_s, which is also smaller than u_0 but is independent of the amplitude.

In a beam with only a fast wave the mean kinetic energy of the electrons is larger than in an undisturbed beam. So the

amplitude of a fast wave decreases if energy is taken from it.

Now it can be explained how the signal is amplified in a klystron. If the output cavity is placed at a distance $\frac{1}{4}\lambda_p$ from the input cavity as in fig. 1 a slow wave is generated by the interaction of the beam with the output cavity. If there is a maximum of the electron current inside the gap, a positive current of the indicated direction is flowing in the cavity. This means that the potential of the left grid is higher than that of the right grid, so that the electrons are slowed down. On the other hand, if a current minimum is in the gap, the electrons are accelerated. Thus energy is given off by the beam, i.e. the slow wave increases in amplitude. Therefore the collector is hit by a strongly modulated beam. The amplitude of the field strength in the gap of the output cavity depends on the impedance of that cavity. For a certain amplitude of this field the fast wave is cancelled out, it has in fact given off all its power. It has been shown above that this is the case when the field induced in the output gap and the field impressed in the input gap have equal amplitudes, i.e. when the voltage gain is unity. Then the amplitude of the slow wave has been exactly doubled and, since the power is proprotional to the square of the amplitude, the slow wave has supplied three times as much power as the fast wave. Thus the main contribution to the output power is provided by the slow wave. If we increase the output impedance, and hence also the voltage gain, the amplitude of the slow wave will be still larger, while a fast wave is also generated again. So for the case of a high voltage gain the power supplied by the slow wave is dissipated partly in the generation of the new fast wave, and partly in the delivery of the output signal.

The operation of a travelling-wave tube is also based on this property of a slow space-charge wave, viz. that its amplitude increases if energy is withdrawn. In this tube the beam is surrounded by a helix, which serves as a conductor for the signal. Due to the helical structure the axial velocity of the signal is nearly equal to the beam velocity. Then the amplitude of the signal wave on the helix and of the slow wave on the beam increase simultaneously during propagation while energy is transferred continuously from the beam to the signal [7]). The fast wave is excited at the beginning of the helix, but it does not increase further in amplitude when travelling along the beam, so that it soon becomes negligible with respect to the

growing slow wave. In a travelling-wave tube the fast wave therefore does not contribute to the amplification.

4. Noise

Another important property of an amplifier tube is the noise it adds to the signal [8]). In order to make possible the amplification of very small signals it is necessary to ensure that the noise produced in the amplifier itself has as little effect on the output signal as possible.

The most important noise source in an electron-beam tube is the cathode. In fig. 2 it was assumed that the electrons were equidistant and that they all had the same velocity before they reached the cavity. In reality this is not the case. When the beam leaves the gun, density fluctuations are already present. Moreover not all electrons have the same velocity and even their mean velocity fluctuates. Let us now see how a tube should be constructed so that the effect of these fluctuations on the output becomes as small as possible.

To that end we shall again consider a klystron (fig. 1) with a distance $\frac{1}{4}\,\lambda_p$ between the input and output cavities. First we assume that the beam has velocity fluctuations only when leaving the gun. These will give space-charge waves, just as was described above for the signal. The velocity fluctuations will be turned into density fluctuations, then again into velocity fluctuations etc. Now these fluctuations will have no effect on the output signal if the distance between the gun and the output cavity is such that at the latter no current fluctuations are present, i.e. if this distance equals $\frac{1}{2}\,\lambda_p$. Since the distance between the two cavities is $\frac{1}{4}\,\lambda_p$, the gun should be placed a distance $\frac{1}{4}\,\lambda_p$ in front of the input cavity. The space between the gun and the first cavity is called the drift space. By a proper choice of the length of the drift space one ensures that no noise fluctuations are coupled out by the output cavity.

However, not only velocity fluctuations but also density fluctuations are present when the beam leaves the gun. These density fluctuations give the same pattern of fluctuations on the beam but shifted over $\frac{1}{4}\,\lambda_p$. Since the distance from gun to output cavity is $\frac{1}{2}\,\lambda_p$, these density fluctuations at the gun again give a maximum of density fluctuations in the gap of the output cavity. The output noise will thus not be zero. The most suitable length of the drift space depends on the ratio

of the two fluctuations *). This length can be ascertained experimentally. In this way the noise of electron-beam tubes has been strongly reduced.

5. **Plasma oscillations**

In the previous sections we have assumed that the electrons move only in one direction, the z-direction. In a beam this is only possible if some countermeasure has been taken against radial space-charge repulsion. Two possible ways of doing this are mentioned here.

a) Introducing so many positive ions that the average negative space charge of the electrons is just compensated. Then we have a so-called plasma.
b) Applying a strong magnetic field in the z-direction. This field acts only upon the electrons that deviate from the direction of the magnetic field lines.

The second method is the one mostly used in practice but the phenomena that interest us here, viz. the longitudinal motions of the electrons, are similar for both cases. The name of plasma frequency used in the preceding sections has its origin in the first method.

Let us first imagine a non-moving plasma. We now take an element of the plasma in the shape of a disc, and shift the electrons in it over a small distance to the right. These electrons will there give an extra negative charge while a positively charged disc is left behind. The negative and positive discs attract each other and the electrons will therefore oscillate about their original position. In a beam in which the average space-charge of the electrons is compensated by positive ions, these plasma oscillations are also possible. The only difference from the former case is that now the oscillation is superposed on a uniform motion. This is also the case if the beam is focussed by other means. When shifting a disc of electrons by giving them a small extra velocity, a hole is left behind instead of a positive charge, but there will also be a force tending to bring the electrons back to their original position.

---

*) If the two noise fluctuations are partly correlated, the situation is more complicated. It appears that then two drift spaces with different electron velocities are needed for obtaining minimum noise [9].

In order to show the connection between these oscillations and the space-charge waves considered, we shall write the formula (1) for u (given in sect 3) in a slightly different form. We shall investigate what motions we observe if we travel with the beam velocity u_o. We therefore substitute

$$z = u_o \, (t - t_o)$$

i.e. we consider the velocity variations at a point that passed the first cavity at a time t_o and has since moved along the beam during a time $t - t_o$. We then get

$$u = U \sin \omega t_o \cos \omega_p \, (t - t_o)$$

This formula can be interpreted as follows. The electron that passed the first cavity at a time t_o obtained an extra velocity

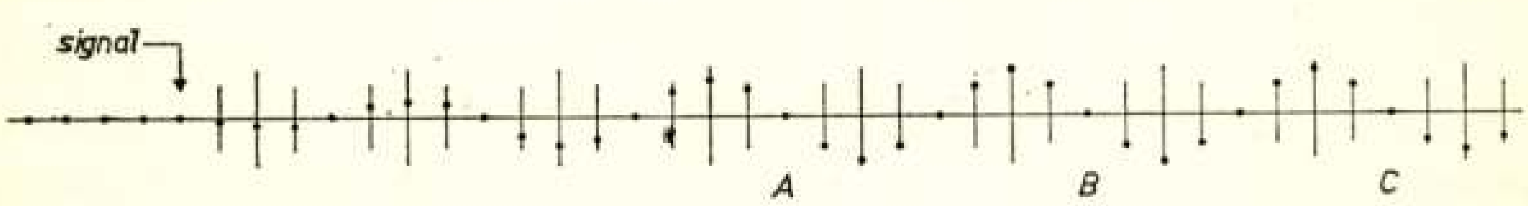


Fig. 3
Positions of the electrons and their amplitude of oscillation in a modulated beam.

$U \sin \omega t_o$ proportional to the field across the gap at that time. Due to this extra velocity the electron started to oscillate with a frequency ω_p. This oscillation is identical with the plasma oscillation treated above. Hence, all electrons can oscillate [10]). Whether they do so or not, and with what amplitude, depends on the field generated by the signal across the gap of the input cavity at the moment the electronss passed this cavity. In this way the signal is 'grafted' on the beam. In fig. 3 the amplitudes of the oscillating electrons and their positions are given for the same moment as in fig. 2. For the sake of clarity the oscillations have been drawn at right angles to the beam direction and the amplitudes have been exaggerated.

From this third interpretation of space-charge waves it follows that a signal may be transported on a beam by other means as well. If the electrons can perform an oscillating or other periodic movement and if we succeed in starting such a movement with the aid of a signal, we get just the picture of fig. 3.

An example of such a movement is the 'cyclotron' orbit followed by an electron in a magnetic field. This orbid lies in a plane perpendicular to the direction of the magnetic field. Let the electrons travel in the direction of the magnetic field lines. In order to apply a signal to the beam we put this on two plates on either side of the beam. The output is also formed by such a pair of plates (fig. 4). The operation of such a device may be described in the same way as that of a klystron. If an electron passes between the input plates it obtains a transverse velocity that is proportional to the voltage difference at that moment.

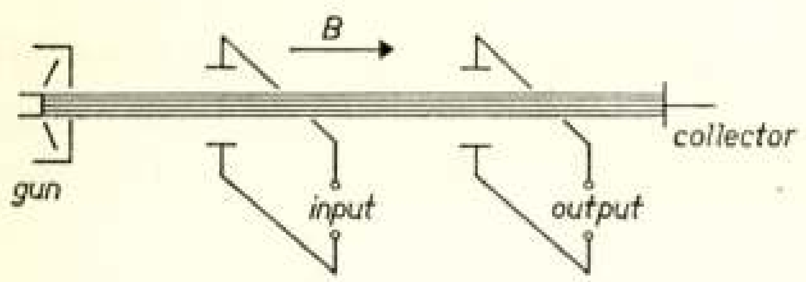


Fig. 4
An electron-beam tube with transverse-field coupling.

Due to this lateral velocity a force is exerted on the electron by the magnetic field and it starts revolving with a constant frequency, the cyclotron frequency, and with a radius that depends on the transverse velocity and thus on the signal at the moment the electron passed the input plates. A number of tubes have been invented in which use is made of the cyclotron rotation, through their construction may differ largely from that given in fig. 4. They are known as crossed-field klystrons, *M*-carcinotrons, and magnetron amplifiers [11]). Also parametric amplifiers have been designed which make use of this principle [12]).

The operation of a large number of electron-beam tubes can thus be understood from the property common to all these tubes, viz. that the electrons can execute periodic motions which are started at a fixed point by the signal to be amplified, so that the beam forms a stream of oscillators whose neutral positions travel with the D.C. beam-velocity.

Discussions with my colleagues, especially with Mr. Hart and Mr. Vlaardingerbroek, have been most helpful in preparing this paper.

Manuscript ontvangen op 14 juni 1960.

References

1. J. R. Pierce, Travelling-wave tubes, Princeton 1950.
2. W. Kleen, Einführung in die Mikrowellen-Elektronik, Stuttgart 1952.
3. H. Groendijk, Een mechanisch model van ruimteladingsgolven in elektronenbundels, Ned. Tijdschr. Nat. *25* (1959) 300.
4. F. M. Penning, Velocity-modulation valves, Philips Techn. Rev. *8*, (1946) 214.
5. S. E. Webber, Trans. I.R.E. ED-*5* (1958) 98.
6. J. R. Pierce, Coupling of modes of propagation, Journ. Appl. Phys. *25* (1954) 179.
7. J. R. Pierce, The wave picture of microwave tubes, Bell. S.T.J. *33*, (1954) 1343.
8. A. Versnel, Lopende golfbuizen met een laag ruisgetal, Tijdschr. Ned. Radiogenoot. *24* (1959) 101.
9. M. T. Vlaardingerbroek, Philips Res. Repts *14* (1959) 327.
10. G. Wade and R. Adler, A new method for pumping a fast space-charge wave, Proc. I.R.E. *47*, (1959) 79.
11. A. H. W. Beck, Space-charge waves, London 1958.
12. R. Adler, Parametric amplification of the fast electron wave, Proc. I.R.E. *46* (1958) 1300.

De XIIIe bijeenkomst van de Union Radio-Scientifique Internationale

Van 5 tot 15 september 1960 vond in Londen de XIIIe „Assemblée Générale" van de Union Radio-Scientifique Internationale plaats. Het aantal deelnemers, afkomstig uit 24 landen, bedroeg ongeveer 550, waarvan een derde afkomstig was uit het Verenigd Koninkrijk. De Nederlandse delegatie bestond uit 36 personen. De URSI was de gast van University College, een deel van de University of London, welks gebouwencomplex alle gewenste accommodatie bood.

Het programma van de zeven commissies, waarin het wetenschappelijke werk van de URSI plaats heeft, was ditmaal anders, en beter, voorbereid dan voor vroegere bijeenkomsten. Een jaar tevoren was op een vergadering van de „Board of Officers" en de commissievoorzitters een programma opgemaakt voor de zittingen van de commissies en de daarin te behandelen onderwerpen. Voor deze onderwerpen waren inleidende sprekers uitgenodigd, die een overzicht over het betreffende gebied gaven, waaraan zich kleinere mededelingen en discussies aansloten. Deze voorbereiding heeft goede resultaten opgeleverd. Het voornemen bestaat daarom dit ook in de toekomst zo te doen. Een kort overzicht van het in de commissies behandelde is hieronder opgenomen. De inleidende voordrachten, die gezamenlijk een overzicht over een groot deel van de radiowetenschap leveren, zullen worden gepubliceerd als een URSI-monografie en via de boekhandel worden verspreid. Ook dit is iets dat men in de toekomst wil continueren. Daarnaast zullen, zoals tot nu toe, Proceedings worden gepubliceerd welke o.a. de rapporten van de nationale URSI-comité's zullen bevatten.

Speciale aandacht werd besteed aan het ruimte-onderzoek. Dr. Berkner hield de Goldschmidt Memorial Lecture, ingesteld ter gedenking van een van de oprichters en de eerste secretaris van de URSI, getiteld „Science in Space", waarin hij een algemeen overzicht gaf van de verschillende facetten van het ruimte-onderzoek. Een zitting voor alle commissies gezamenlijk was gewijd aan „Space Radio Research". Daarin werden communicatiemogelijkheden met behulp van satellieten behandeld (zie

daarvoor het verslag van commissie VI) en werden onderzoekingen van ionosfeer en exosfeer met behulp van raketten besproken. Een speciaal gevormd URSI-comité, onder voorzitterschap van Prof. Huxley (Australië), zal het URSI-werk op het gebied van ruimtelijk radio-onderzoek coördineren en contact onderhouden met COSPAR, de Co(mmittee on) Spa(ce) R(esearch) opgericht door de ICSU.

Naast de zittingen van de commissies werd gelegenheid geboden tot het bezoeken van het B.B.C. Research Department, het National Physical Laboratory, het Post Office Research Station, het Radio Research Station, het B.B.C. Television Centre, Jodrell Bank, het Royal Greenwich Observatory, en, tijdens een algemene excursie naar Cambridge, van het Mullard Radio Astronomy Observatory en de Radio Field Laboratories of the Cavendish Laboratory, waarvan ruim gebruik werd gemaakt.

Van de door het Uitvoerend Comité verder genomen besluiten zij het volgende vermeld.

Peru werd als nieuw lid toegelaten, waardoor het aantal landenleden op 28 is gekomen.

De President van de URSI, Dr. L.V. Berkner, trad na de sluiting van de bijeenkomst af. Hij zal nog gedurende een periode van drie jaar deel blijven uitmaken van de Board of Officers. Tot President werd gekozen:

Dr. R. L. Smith-Rose (U.K.),

en tot Vice-Presidenten:

B. Decaux (Frankrijk)
Prof. I. Koga (Japan)
Dr. A. Prokhorov (U.S.S.R.)
Prof. G. A. Woonton (Canada)

Tot Commissie-Voorzitters werden gekozen:

Commissie I	Prof. U. Adelsberger (Duitsland)
Commissie II	J. Voge (Frankrijk)
Commissie III	J. A. Ratcliffe (U.K.)
Commissie IV	Prof. R. A. Helliwell (U.S.A.)
Commissie V	Prof. A. C. B. Lovell (U.K.)
Commissie VI	Dr. J. Loeb (Frankrijk)
Commissie VII	Prof. Dr. W. G. Shepherd (U.S.A.)

In de komende jaren zullen een aantal symposia worden gehouden onder de auspiciën van de URSI. Er zijn plannen voor de volgende.

1. Elektromagnetische theorie en antenne's, Kopenhagen, juni 1962
2. Aardse stormen, Japan, 1961
3. Equatoriale geofysica, Peru, 1962
4. Microgolfbuizen, Nederland, september 1962
5. Grondoorzaken van radiostoringen en ruis, U.S.A., winter 1961-'62

Het voornemen bestaat de verslagen van deze symposia te publiceren als URSI-monografieën, welke door Elsevier zullen worden uitgegeven. De eerste van deze monografieën is verschenen en is getiteld:
„Some Ionospheric Results obtained during the International Geophysical Year". Deze bevat de door Prof. Beynon verzamelde voordrachten gehouden op een in 1959 in Brussel door het URSI-AGI-comité georganiseerd symposium. Als tweede zal verschijnen een „URSI-Handbook of Ionogram Interpretation and Reduction".

De samenwerking die ontstond tijdens het internationale geofysische jaar, wordt gecontinueerd in het door de ICSU ingestelde C(omité) I(nternational de) G(éophysique). Er is een URSI-CIG-comité gevormd, onder voorzitterschap van Prof. Beynon (Verenigd Koninkrijk), voor het onderhouden van het contact. Er wordt een programma opgesteld voor een internationaal onderzoek tijdens het zonnevlekkenminimum in 1964-'66. Aan de ICSU is een voorstel gedaan te komen tot een gemeenschappelijk comité van URSI, COSPAR en Internationale Astronomische Unie met als taak het bevorderen van het toewijzen van frequenties ten behoeve van radio-astronomie en ruimte-onderzoek. Dit voorstel is in oktober 1960 door de ICSU aanvaard.

De volgende algemene bijeenkomst zal in 1963 in Japan worden gehouden. In dat jaar zal de URSI 50 jaar hebben bestaan.

B. D. H. Tellegen

Commissie I
Meetmethoden en standaarden

Voorzitter: B. Decaux (Frankrijk)

Schrijver dezes is door ambtsbezigheden buiten de URSI liggend niet in staat geweest alle zittingen van Commissie I bij te wonen, doch gelooft toch wel uit de gegevens, die hem uiteindelijk ter beschikking kwamen, over het algemeen een goede indruk te hebben gekregen van de verrichte werkzaamheden.

Als voorzitter van de URSI Commissie I trad op de heer B. Decaux (Frankrijk), die in zijn rustig en zeer duidelijk Frans de voornamelijk Engels sprekende c.q. verstaande vergadering leidde. Dr. E. Weber (U.S.A.) toonde daarbij een onfeilbaar instinct bij de noodzakelijke (en zeer goede) vertaling in het Engels. De verschillende onderwerpen werden elk door een spreker ingeleid, en deze voordrachten en de rapporten van de Nationale Comité's werden als basis van discussie gebruikt.

De onderwerpen en de inleidende sprekers waren:

Frequentie-standaarden, waaronder atomaire	Prof. M. Boella (Italië)
Tijdsignalen en standaardfrequenties	Prof. U. Adelsberger (Duitsland)
Radio-vermogensmetingen	Prof. I. Koga (Japan)
Internationale vergelijking van vermogensmetingen bij een golflengte van 3 cm	J. A. Lane (U.K.)
Metingen van fysische grootheden met behulp van radiomethoden	M. C. Selby (U.S.A.)

Het feit dat slechts twee persoonlijke bijdragen, de inleidende voordrachten van Adelsberger en van Lane, gestencild ter beschikking stonden, maakte verdere orientatie van te voren onmogelijk. Australië, Canada, Duitsland, Frankrijk, Italië, India, Japan, United Kingdom, U.S.S.R., Zweden en Zwitserland hadden voor Nationale-Comité-rapporten gezorgd, terwijl buiten de genoemde persoonlijke bijdragen nog beschikbaar waren (de originele titels worden aangehaald):

1. Summary of work in Cesium Beam Frequency Standards in Neuchatel, Switzerland,

2. Report on the velocity of light. John M. Richardson, N.B.S., Boulder, Colorado, U.S.A.,
3. The application of electronic distance-measuring equipment to geodetic survey. B. P. Lambert, Director of Nat. Mapping Dept. of Nat. Dvpt. Austrialia,
4. Proposed U.S.A. Commission I suggestion for electronic quantities for international standardization, drafted by M. C. Selby, chairman ad hoc subcomm. of U.S.A. Comm. I,

waarvan vooral de laatste bijdrage niet van belang ontbloot is voor de verdere toekomst van Commisie I.

Naar aanleiding van de discussies werd vastgesteld dat frequentie- en tijdmetingen in eerste instantie nu wel voldoende zijn bediscussieerd, terwijl waarschijnlijk in de toekomst geen speciale zitting over 'physical quantities' meer nodig zal zijn. Het spreekt vanzelf dat bijdragen steeds worden ingewacht, mits zij voldoende nieuwe aspecten behandelen.

De microgolf-vermogensvergelijking op 3 cm tussen Japan, U.K. en U.S.A. heeft in eerste instantie zeer bevredigende resultaten opgeleverd, hoewel meer informatie zeker gewenst is, reden waarom meer participatie wordt verlangd (Nederland?).

Het belang van gedachtenwisseling voor de toekomst over atomaire standaarden, standaardfrequentie-uitzendingen voor tijdsynchronisatie op vele plaatsen op aarde (ruimtevaart!) en het vastleggen van de fase van standaard 'low frequency' en 'very low frequency' uitzendingen over grotere afstanden werd nadrukkelijk vastgesteld.

Internationale standaardenvergelijking van 'radio-electronic quantities' werd nadrukkelijk aanbevolen, waarbij frequentie- en tijdvergelijking natuurlijk dient niet te worden vergeten.

Verder werden de nationale vertegenwoordigers van URSI Comm. I opgewekt in hun land te willen aanmoedigen dat locale dan wel regionale symposia, die het URSI Comm. I - gebied bestrijken, de nationale Comm. I dan wel de URSI Comm. I 'sponsorship' verwerven. In het laatste geval kan de URSI Comm. I voorzitter via de 'Board of Officers' van URSI zijn invloed aanwenden. Wat de ontwikkeling dienaangaande betreft, zal de eventuele organisatie van een internationaal symposium over meetmethoden en meetinstrumenten (geen tentoonstelling van 'commerciële' meetapparatuur), mogelijk in Engeland in 1961, worden geobserveerd. Indien Engeland

niet slaagt (Dr. Smith-Rose schijnt de initiatiefnemer te zijn) zal mogelijk URSI zijn invloed aanwenden teneinde dit door URSI gewenste symposium in *Europa* georganiseerd te krijgen.

Wat de functionarissen van URSI Comm. I betreft, kan worden gememoreerd dat de heer Decaux, na zes jaren aan de werkzaamheden leiding te hebben gegeven, zal worden opgevolgd door Prof. U. Adelsberger (Duitsland). W. D. Georges (U.S.A.) blijft vice-president en als secretarissen continueren Dr. Weber (U.S.A.) en Wertheimer (Frankrijk) hun functies. Decaux sluit zijn ambtsperiode af met een monografie over het verrichte werk van URSI Comm. I, die in 1961 zal verschijnen.

M. L. Toppinga

Commissie II
Voortplanting in de troposfeer

Voorzitter: Dr. R. L. Smith-Rose (Verenigd Koninkrijk)

De zittingen van de Commissie II waren gewijd aan enkele speciale onderwerpen, die vooraf door middel van correspondentie, in overleg met de nationale comité's, door de voorzitter van de commissie werden gekozen. Over elk onderwerp werd een inleiding gehouden door een uitgenodigde spreker. Na deze inleiding volgde discussie en was er nog gelegenheid korte mededelingen te doen, die in het behandelde onderwerp pasten. De inleidingen waren vooraf beschikbaar. Deze manier van werken voldeed uitstekend, hoewel het wel enigszins te betreuren was, dat er tijdens het congres ook beslist niets meer werd vermenigvuldigd.

Het eerste onderwerp was: „*Experimentele gegevens over de troposferische voortplanting*". Inleiders waren: Crawford, du Castel, Saxton en Grosskopf.

A. B. Crawford behandelde de in Amerika verrichte onderzoekingen op dit gebied; dit zijn er veel, in het nationale verslag worden 281 recente publikaties aangehaald.

Bij de voortplanting over *middelbare afstanden* achter de horizon blijkt nog steeds geen duidelijk beeld. Gemiddeld is er

een vrij grote correlatie tussen veldsterkte en brekingsindex, maar enkele gevallen zijn niet met eenvoudige regels te beschrijven.

Een ander verschijnsel, dat aandacht had, was het feit, dat de virtuele bron van de ontvangen signalen geen punt in de ruimte is, maar een min of meer uitgebreid volume. Dit veroorzaakt een bundelverbreding, die vooral bij antennes met hoge „gain" tot verliezen aanleiding geeft. Een hieraan verwant verschijnsel is het zwaaien van de bundel. Bepaalde proeven zouden er op wijzen, dat de bundelverbreding is te verklaren door de hoekverplaatsing van onverbrede gedeelten van de bundel. Hieruit laat zich concluderen, dat er een eindig aantal reflecterende facetten zijn, die snel bewegen als in een gerimpelde laag; het zou geen toevallige verstrooiing volgens de turbulentietheorie zijn.

Ook over de voortplanting over *zeer grote afstanden* zijn veel nieuwe metingen uitgevoerd. Ook hier werden weinig systematische gegevens verkregen. Enkele algemene resultaten zijn:

In de winter is de voortplanting over water beter dan over land (5 tot 10 dB). In de zomer is het signaal gemiddeld 8 dB sterker dan in de winter.

De proeven over voortplanting *binnen de horizon* schijnen te bevestigen, dat indien men de meteorologische structuur van de atmosfeer kent, men nauwkeurig de correcties op radar-elevaties kan berekenen.

Ten slotte werd nog enige aandacht aan de troposferische voortplanting in verband men de *communicatie via satellieten* gewijd. Hierbij is kennis nodig, o.a. voor het richten van grote antennesystemen, over de fase-stabiliteit, de absorptie en de door de absorptie veroorzaakte ruis.

M. F. du Castel gaf een overzicht van de Franse experimenten, die in Frankrijk en in Afrika werden uitgevoerd. De resultaten laten toe een scheiding te maken tussen *coherente* terugkaatsing, die vooral in een stabiele gelaagde atmosfeer optreedt, en een *incoherente diffuse* terugkaatsing in een stabiele turbulente atmosfeer.

J. A. Saxton gaf een overzicht van het Britse werk. Ook hij vestigt nog eens de aandacht op het in het algemeen verwarde beeld, dat de voortplantingsverschijnselen bieden. Gezien de relatie met de toch altijd gecompliceerde meteorologische struktuur van de atmosfeer, is dit niet verwonderlijk. Voor zover refractie, absorptie door atmosferische gassen en neerslag alleen bepalend zijn, komen de meetresultaten goed met de theorie

overeen; maar steeds meer blijkt, dat deze eenvoudige gevallen betrekkelijk zelden voorkomen. Gepoogd is door frequentie-analyse van het fadingspectrum beter inzicht te verkrijgen. Hij veronderstelt vier verschillende voortplantingsmechanismen: verstrooiing, interferentie tussen gedeeltelijk gereflecteerde componenten, interferentie tussen toevallige en coherente componenten en kwasie spiegelende reflectie. In veel gevallen schijnt partiële reflectie op te treden aan lagen, die tot aan de tropopause op verschillende hoogten in de atmosfeer zijn en die zelfs bij sterke wind blijven bestaan. Inleider concludeerde tenslotte, dat er blijkbaar geen eenvoudig model van de atmosfeer is, dat alle voorkomende verschijnselen kan verklaren.

J. Grosskopf refereerde de in Duitsland uitgevoerde metingen. Tijdens hoge luchtdruk werd er een dagelijkse gang waargenomen met een hogere veldsterkte en een langzame fading 's nachts; overdag was de veldsterkte gemiddeld lager, met een snelle fading. Tijdens lage luchtdruk is er geen dagelijkse gang, terwijl de veldsterkte meestal laag is met een snelle fading. Voor de analyse werd gebruik gemaakt van snelle inktschrijvers; de registratiekrommen werden met een speciaal hiervoor ontwikkeld, aan de televisie ontleend, scanningsysteem weer in stroompulsen omgezet. Uit de statistische analyse volgt een aanduiding, dat er een vertikale drift in het verstrooiende medium aanwezig is.

Een volgende reeks inleidingen was gewijd aan de *fysische eigenschappen van de troposfeer.*

W. E. Gordon maakt onderscheid tussen de atmosfeer op synoptische schaal en op micro-meteorologische schaal bekeken. In het eerste geval hebben o.a. aandacht: exponentieel model van de atmosfeer, verheven lagen, speciaal in de passaatstreken, en de klimatologie van de brekingsindex aan de grond. In het tweede geval wordt o.a. bestudeerd: het spectrum van de onregelmatigheden en de invloed van de thermische stabiliteit op het spectrum. Uit zes jaar radiosonde-opstijgingen op 45 plaatsen in Amerika werd een gemiddelde referentie-atmosfeer afgeleid, die alleen door de grondwaarden van N, een maatstaf voor de brekingsindex, is bepaald. In de discussie werd naar voren gebracht, dat dit toch wel moeilijk is te rijmen met de duidelijke gebondenheid van ΔN aan de luchtsoort.

G. D. Robinson sprak over onderzoek in Engeland verricht. Het belangrijkste hulpmiddel bij het detailonderzoek van de atmosfeer

is de *radiorefractometer*. Maar ook deze methode is onvoldoende gevoelig in de hoogste lagen van de troposfeer en in de stratosfeer, waar zeer lage vochtigheden worden aangetroffen. Daar het hier waarschijnlijk gaat om veranderingen over zeer kleine afstanden, zijn de vooruitzichten op meting hiervan nog weinig rooskleurig.

J. S. Marshall behandelde de betekenis van neerslag voor de troposferische voortplanting. Behalve de verzwakking, die in regen kan optreden, kunnen regenbuien ook als verstrooiingscentra optreden en de overdracht versterken. Bij onweersbuien is dit voorafgaand aan de bui waargenomen. De oorzaak is nog niet bekend, maar vermoedelijk is het een discontinuïteit in de breking bij de koude lucht, die aan de voet van een bui wegstroomt. Nieuwere systematische metingen van de verzwakking van 3—10 cm golven in regen leidden tot de uitspraak, dat bij het gebruik van een 3 cm-radar als buienradar de meetresultaten door deze verzwakking worden beïnvloed.

Over de *theorie van de troposferische voortplanting* spraken *J. Voge* en *V. A. Krasilnikov*.

Er zijn in hoofdzaak drie theorieën over de voortplanting tot ver achter de horizon, waarbij refractie kan worden uitgesloten. Ze gaan uit resp. van: 1. turbulente verstrooiing, 2. partiële reflecties en 3. mode-theorieën. Er is nog veel discussie tussen de theoretici, waarbij opgemerkt kan worden, dat nog geen theorie in volledige overeenstemming met de experimenten is.

De laatste zitting van commissie II was gewijd aan de *radiometeorologie*, ingeleid door *P. Misme* en *J. W. Herbstreit*.

Het model van de atmosfeer, dat alle fysische eigenschappen vertoont die de radio-overdracht tot achter de horizon beïnvloeden, is nog erg onvolledig. Noch de geheel gelaagde atmosfeer, noch de volkomen turbulente atmosfeer geeft een oplossing. Uit vele metingen van de laatste jaren, zowel gedaan i.v.m. de radio-overdracht, als ook met het oog op de kennis van de wijze van verspreiding van atmosferische pollutie, is de opvatting gegroeid, dat de atmosfeer wel turbulent is, maar dat er bovendien betrekkelijk dunne, maar uitgestrekte lagen van grote stabiliteit aanwezig zijn. Misme noemt dit 'feuillets'.

Behalve in Frankrijk zijn ook in Engeland veel metingen gedaan, die het bestaan van deze lagen bevestigen. Saxton heeft

met behulp van vertikaal gerichte radar met zeer korte pulslengte deze lagen kunnen aantonen, waarbij vertikale doorsneden tot minimaal 30 m werden gevonden. Het was mogelijk vertikale bewegingen te volgen. De lagen voeren soms een golvende beweging uit met een golflengte van 1 à 2 km en een amplitude van ten hoogste 200 m. De boven- en ondergrensvlakken worden door turbulentie van de omringende lucht wel gedeformeerd, maar het 'feuillet' blijft bestaan. Vaak grenzen tegen de onderkant wolken, die golven vertonen en de structuur van de Benard'se cellen hebben.

J. W. Herbstreit (U.S.A.) sprak over radiorefractometrie. De radiosondewaarnemingen zijn, in hoofdzaak ten gevolge van de traagheid van de meetelementen, weinig geschikt voor de studie van de troposferische voortplanting. Hier vormt de refractometer een wezenlijke verbetering. Dit instrument berust op de vergelijking van de resonantiefrequenties van twee trilholten; de ene is gevuld met een bekend standaard gas, terwijl de andere met het te onderzoeken gas wordt doorstroomd. Ze worden met vliegtuigen omhoog gebracht of zijn ook wel als 'dropsonde' uitgevoerd.

Er werd ook nog enige aandacht aan de zogenaamde 'angels' gewijd; dit zijn bewegende echo's, die dikwijls met centimeterradars van groot vermogen worden waargenomen. Vooral van Engelse en Zweedse zijde is veel moeite gedaan om de oorsprong van de merkwaardige echo's op te sporen. Ongeveer 90% ervan worden veroorzaakt door vogels. In een gering aantal gevallen hebben de angels een meteorologische oorzaak; er treedt dan tweemalige reflectie op en terugverstrooiing aan het aardoppervlak.

A. Hauer

Commissie III
Voortplanting in de ionosfeer

Voorzitter: Dr. D. F. Martyn (Australië)

De commissie hield negen zittingen, waarin vele onderwerpen

werden besproken. Een overzicht van de belangrijkste resultaten wordt hieronder gegeven.

De dichtheidsverdeling van elektronen in de ionosfeer

In de laatste jaren zijn snellere methoden ontwikkeld om uit ionogrammen de elektronendichtheid N, als functie van de werkelijke hoogte h, af te leiden. De ionogrammen geven slechts de z.g. virtuele hoogte, die steeds groter is dan de werkelijke hoogte. Voor enkele ionosfeer-stations worden deze '$N(h)$-profielen' ook regelmatig gepubliceerd.

J. O. Thomas (Cavendish Laboratory, Cambridge) en zijn medewerkers werkten de tijdens het Internationale Geofysische Jaar verrichte waarnemingen van 25 stations om tot $N(h)$-profielen. De resultaten worden gegeven in de vorm van grafieken, die de elektronendichtheid als functie van de breedte (t.o.v. de magnetische equator) geven, met de hoogte als parameter. In de grafiek voor september 1957, 12 uur locale tijd, komt de geografische anomalie van de F_2-laag duidelijk te voorschijn. De maximale ionisatie treedt niet aan de geomagnetische equator op, maar op 30° N. en Z. geomagnetische breedte; aan de equator is een minimum. De grafiek voor december 1957, 12 uur locale tijd, toont de winter-anomalie van de F_2-laag. De ionisatiedichtheid op het N-halfrond is groter dan die op het Z-halfrond, in tegenstelling tot wat men uit de zonshoogte zou verwachten.

Al deze resultaten berusten op de onderstelling dat de elektronendichtheid met de hoogte nooit afneemt, d.w.z. dat er geen mimina zijn tussen de E-, F_1- en F_2-laag. Immers alleen in dat geval kan men uit de ionogrammen het $N(h)$-profiel eenduidig berekenen. Uit metingen met vuurpijlen is gebleken dat dit meestal het geval is, en dat er in elk geval geen minima voorkomen, die zo diep zijn dat er belangrijke fouten door ontstaan in de berekening.

Het is merkwaardig te noemen dat rechtstreekse vergelijkingen (d.w.z. op dezelfde plaats en tijd) tussen ionosonde en vuurpijlmetingen slechts zelden mogelijk zijn geweest. In die gevallen is de overeenstemming echter goed.

Ionisatie van het F-gebied

Door Dr. D. F. Martyn (Radio Research Laboratory, Camden-

Australië) werden de eigenschappen van het F-gebied samengevat. Er is een groot verschil tussen het gedrag van de F_1-laag en dat van de F_2-laag. De F_1-laag gedraagt zich evenals de E-laag in overeenstemming met de theorie van Chapman; de ionisatiedichtheid is op elk ogenblik slechts afhankelijk van de zonshoogte en de zonne-activiteit. De F_1-laag ligt ook dichter bij de E-laag dan bij de F_2-laag.

De F_2-laag vertoont een aantal anomalieën. De winter- en de geografische anomalie (die reeds bij 'Dichtheidsverdeling van elektronen in de ionosfeer' ter sprake kwamen) zijn de twee belangrijkste. Ook de hoogteverandering van de laag verloopt geheel anders dan men uit de eenvoudige theorie zou verwachten. Het gedrag van deze laag is waarschijnlijk slechts te begrijpen wanneer men ook transporten van ionen en elektronen in aanmerking neemt. Het transport kan twee verschillende oorzaken hebben: diffusie en elektrodynamische krachten, opgewekt door bewegingen van de atmosfeer in zijn geheel en de aanwezigheid van het aardmagnetische veld. De geografische anomalie is op deze wijze te verklaren.

Door J. A. Ratcliffe (Cavendish Laboratory, Cambridge) werd een theorie gegeven, die gezien moet worden als een poging om zonder elektrodynamische transporten in aanmerking te nemen toch, in eerste benadering, het gedrag van de F_2-laag te verklaren.

De oorzaak van de ionisatie van de F_2-laag moet de ultraviolette straling van de zon zijn. Er is echter geen straling, die zo sterk geabsorbeerd wordt, dat boven de top van de F_1-laag nog een hoger gelegen maximum in de produktie van elektronen en ionen mogelijk is. De maximale produktie moet dan ook in de top van de F_1-laag liggen. Het verlies van elektronen moet echter naar boven toe snel afnemen, en daardoor kan het evenwicht op grotere hoogte toch bij een hogere elektronendichtheid liggen (hypothese van Bradburry). Er zijn twee reacties, die als oorzaak voor het verdwijnen van elektronen op deze hoogte in aanmerking komen. Deze hebben beide het kenmerk, dat er uit twee botsende deeltjes twee andere ontstaan. Dergelijke reacties hebben n.l. een veel grotere waarschijnlijkheid dan rechtstreekse recombinatie van + ionen en elektronen, omdat bij het ontstaan van één deeltje uit twee andere, moeilijk aan de wetten van behoud van energie en van behoud van impuls voldaan kan worden.

Resultaten van metingen in de ionosfeer met behulp van vuurpijlen en kunstmanen

Voordracht door Dr. J. C. Seddon (U.S.A.). Hierin werd weinig over de meetmethoden, maar uitsluitend over de resultaten gesproken.

De voornaamste metingen met vuurpijlen zijn:

1) Meting van de elektronendichtheid. Dit kan gedaan worden d.m.v. het verschillend Doppler-effect op 2 harmonisch gelegen frequenties, het groepssnelheidsverschil van pulsen op verschillende frequenties of met een 'probe' waarvan de impedantie gemeten wordt. Het voornaamste resultaat van deze metingen was dat scherpe lagen niet bleken te bestaan, maar dat de elektronendichtheid bijna monotoon met de hoogte toeneemt tot de top van de F_2-laag. Een uitzondering moet hierbij gemaakt worden voor sporadische E-lagen. Deze sporadische E-lagen blijken voorkeurshoogten te hebben.
2) Combinatie van laboratorium- en vuurpijlexperimenten hebben de kennis van de botsingsfrequentie ν van de elektronen in de ionosfeer vermeerderd.
3) Elektrische stromen in de ionosfeer. Hiertoe maakt men gebruik van de proton-precessie-magnetometer.
4) De atmosferische samenstelling werd gemeten met behulp van massa-spectrometers en door meting van de absorptie van ultra-violette straling.
5) Ioniserende straling van de zon. In het gebied van 100 - 200 km hoogte blijken zachte röntgenstralen (10 – 100 Å. E.) en Lyman β-straling de belangrijkste te zijn. Voor de D-laag is Lyman α-straling, naast röntgenstraling van 8 – 20 Å. E., de oorzaak van de ionisatie.

De voornaamste metingen met kunstmanen zijn:

1) Meting van de elektronendichtheid. Hiervoor is de methode met de Faraday-rotatie de geschiktste. Deze levert echter slechts de totale elektroneninhoud van de atmosfeer tussen de hoogte van de kunstmaan en de aarde. Deze meting wordt zeer bemoeilijkt door scintillatie, zoals bij de discussie bleek. Het belangrijkste resultaat van deze metingen

is de afname van de elektronendichtheid boven de top van de F_2-laag. Op 135 km boven deze top is de elektronendichtheid tot op 50% en 450 km erboven tot op 20% van die van de top gedaald. Dit zijn gemiddelde waarden.

2) Meting van de dichtheid van de atmosfeer uit de vertraging van de kunstmaan. Deze meting levert slechts gemiddelde waarden op over de tijd van minstens een halve dag.

Verstrooiingsverschijnselen

Men kent twee vormen van verstrooiing van radiogolven in de ionosfeer: de niet-coherente terugstrooiïng, die optreedt bij vrijwel verticaal invallende golven en in de tweede plaats de voorwaartse verstrooiing, die optreedt bij inval onder kleine hoek. Deze laatste maakt radioverbindingen op frequenties, die hoger liggen dan de normaal gereflecteerde, mogelijk, echter met een veel groter verlies. Over de niet-coherente terugstrooiing hield Dr. K. L. Bowles (National Bureau of Standards, U.S.A.) een voordracht.

Door W. F. Gordon is een theorie ontwikkeld, waarbij wordt aangetoond dat de ionosfeer ook bij een volkomen homogene elektronendichtheid terugstrooiing van radiogolven vertoont. Deze teruggestrooide energie moet evenredig met de elektronendichtheid N zijn. Het verschijnsel berust op de verstrooiing van de radiogolf aan de vrije elektronen. Als namelijk de frequentie van het invallend signaal hoog genoeg is, geven de afzonderlijke vrije elektronen een terugstrooiing, die door het Doppler-effect in frequentie verschoven is. Het Doppler-effect treedt op doordat de elektronen een bepaalde thermische snelheidsverdeling hebben. De echo is dus over een bepaalde frequentieband uitgesmeerd en de breedte hiervan moet van de temperatuur afhangen.

De echo door terugstrooiing is experimenteel aangetoond met een radar van 1,2 MW piekvermogen en een zeer groot antenne-oppervlak. De energie werd in verticale richting uitgestraald en de terugstrooiing van alle lagen van de ionosfeer werd waargenomen. De echo's hadden een energie die zeer dicht bij de theoretische waarde lag. Ook had de echo, door de incoherentie van de aan de vrije elektronen teruggestrooide golven, het karakter van een ruis. Het moet nu mogelijk zijn uit de amplitude van de echo, als functie van de hoogte van terugstrooiïng, het $N(h)$ profiel van de ionosfeer te verkrijgen.

Dit bleek mogelijk tot 600 à 700 km hoogte. Het profiel werd dus tot boven de top van de F_2-laag verkregen. Het zo gevonden profiel blijkt in overeenstemming te zijn met het uit ionosondewaarnemingen afgeleide. Later gelukte het ook de bandbreedte van de teruggestrooide echo globaal te meten. Deze was echter veel kleiner dan men uit Gordons theorie afleidde, aannemende dat de temperatuur van de F_2-laag 1500 °K was.

Door Feger, Dougherty, Farley en Salpeter is de theorie opnieuw opgezet en de invloed van de + ionen op de vrije elektronen nauwkeurig in rekening gebracht. Hieruit kwam het resultaat dat de verstrooiende elektronen een thermische snelheidsverdeling hebben die zou passen bij deeltjes met $\frac{1}{2}$ x de massa van de + ionen. Dit geeft een veel geringere bandbreedte van de teruggestrooide echo. Door Pineo is de bandbreedte van een teruggestrooid 440 MHz signaal nauwkeurig gemeten en in overeenstemming met deze theorie bevonden.

Door Dr. D. K. Bailey (Central Radio Propagation Laboratory, U.S.A.) werden de eigenschappen van de voorwaartse verstrooiing behandeld. Men maakt van deze verstrooiing gebruik voor radioverbindingen in het frequentiegebied van 25 — 110 MHz. Daar het verlies veel groter is dan bij reflectie, worden antennes met richteffect gebruikt, en de antenne van de zender zowel als die van de ontvanger op het 'verstrooiende volume', dat is halfweg en op 80 à 90 km hoogte, gericht. Afstanden in de orde van 1000 km worden op deze wijze overbrugd.

Er is in dit geval altijd een achtergrond van reflecties op meteoorsporen aanwezig, die uit scherpe pieken van grote signaalsterkte bestaat. Deze verbindingen zijn ook 's nachts mogelijk. De ionisatie waaraan deze verstrooiing plaats vindt, wordt waarschijnlijk door corpusculaire straling die niet van de zon afkomstig is, veroorzaakt. De signaalsterkte van dit type verbindingen hangt van de gebruikte frequentie af. Er is een evenredigheid met f^{-p}. De waarde van de exponent p is echter verschillend voor de echte verstrooiing en voor reflectie op meteoorsporen. In het eerste geval ligt hij tussen 6 en 8, in het tweede geval is hij 5.

Ionosferische drift

Over de resultaten van driftmetingen hield Dr. B. H. Briggs (Cavendish Laboratory, Cambridge) een voordracht.

De drift in de *D*- en *E*-laag kan op twee manieren worden bepaald:

1) Bepaling van de snelheid van de ionisatiewolk, die door een meteoor gevormd wordt, d.m.v. radar.
2) De fading-methode, waarbij men de tijdsverschillen van de maxima en minima in de signaalsterkten gebruikt, die op drie ongeveer 100 m van elkaar verwijderde ontvangers verkregen worden, van een op de *E*-laag gereflecteerde golf.

De eerste methode levert waarnemingen in het gebied van 80 tot 100 km hoogte, de tweede in het gebied tussen 100 en 120 km. De gemeten waarden zijn op het eerste gezicht zeer onregelmatig. Door statistisch onderzoek van een groot aantal waarnemingen blijkt echter dat er een regelmatige component met een periode van 12 uur en een met een periode van 24 uur in voorkomt.

Voor het meten van de drift van de *F*-laag komen drie methoden in aanmerking:

1) De fading-methode (zoals bij de *E*-laag).
2) De studie van de voortplanting van verstoringen in de *F*-laag. Hiertoe is een netwerk van stations nodig.
3) De fading-methode toegepast op de scintillatie van radiosterren.

In de drift van *F*-laag is alleen een component met een periode van 24 uur te vinden.

Dr. C. O. Hines (Defence Research Board, Canada) gaf een theoretisch overzicht over de bewegingen in de ionosfeer.

Er komt in de lagere ionosfeer, behalve de hierboven genoemde driftcomponenten, ook nog een voortdurende naar *O* gerichte drift voor. Deze bestaat in de *D*-laag (metingen aan meteoorsporen) gedurende het gehele jaar en in de *E*-laag in de zomer. Het is nog niet gelukt hiervoor een verklaring te geven. Ook de theorie van de getijdebeweging in de atmosfeer is nog niet volledig. Het is nog steeds onzeker of de gravitatie van de zon, dan wel de warmtewerking de oorzaak is van de 12 uur periode.

Hydro-magnetische golven en emissie op zeer lage frequenties

Voordracht door Dr. R. M. Gallet (National Bureau of Standards, U.S.A.).

Deze verschijnselen zijn als volgt te verdelen:

1) Whistlers.
2) Zeer laag-frequente emissies: a) continu,
   b) van korte duur.

Whistlers zijn reeds langer geleden onderzocht en verklaard. De zeer laag-frequente emissie-verschijnselen houden verband met aardmagnetische storingen. De continue typen kunnen langer dan een uur aanhouden, beslaan een frequentie-band van 2 à 3 kHz breedte en hebben een vrij constante frequentie. De intensiteit ligt tussen 10^{-16} en 10^{-18} W per m^2 per Hz. De oorzaak van deze verschijnselen ligt waarschijnlijk in een bundel corpusculaire straling met grote energie, die in de exosfeer binnenkomt. Als de snelheid van de deeltjes groter is dan de fasesnelheid van elektromagnetische golven, zal er Cerenkov-straling optreden.

Eigenschappen van poollicht t.o.v. radiogolven

Voordrachten van C. G. Little (National Bureau of Standards, U.S.A.) en Dr. C. D. Watkins (Jodrell Bank).

Deze eigenschappen zijn voornamelijk absorptie en verstrooiing.

Absorptie is het best te bestuderen aan de verzwakking van de kosmische ruis als deze de poollichtzone passeert. Als oorzaken van de absorptie komen in aanmerking:

a) *D*-laag ionisatie door absorptie van röntgenstralen, die zijn ontstaan uit het afremmen, in de hoge ionosfeer, van corpusculaire straling. Dit is waarschijnlijk 's nachts de voornaamste oorzaak (Chapman en Little).
b) De absorptie die over de poolkap en poollichtzones overdag optreedt, enkele uren na een zonnevlam, berust waarschijnlijk op een toename van de botsingsfrequentie van de elektronen op *E*-laag hoogte (Reid en Collins).

Verstrooiïng komt op twee manieren te voorschijn, n.l.:

a) Poollicht geeft radarecho's, die een gevolg zijn van terugstrooiïng van het invallend signaal.
b) Scintillatie van radio-sterren en kunstmanen. De scintillatie is in de poollichtzone veel sterker dan op matige breedte.

De poollicht-ionisatie moet bestaan uit wolken van langgerekte vorm, die langs de krachtlijnen van het aardmagnetische veld zijn gericht.

H. J. A. Vesseur

Commissie IV
Atmosferische storingen

Voorzitter: Prof. R. A. Helliwell (U.S.A.)

De bijeenkomsten van Commissie IV werden bijna zonder uitzondering gehouden in het z.g. Gustave Tuck Amphitheater, helemaal boven in het gebouw van het University College. Boven het bord stond te lezen: 'Remember the Days of Old, consider the Years of each Generation'. Door het vele zien van deze woorden zullen ze voor sommige gedelegeerden wel in het geheugen gegrift zijn, wat geen kwaad kan. De wetenschappelijke zaken, waarmede de URSI zich bezighoudt, veranderen zo snel, dat een poging om zich voor de geest te houden hoe het allemaal zo geworden is, en om het werk van de grote voorgangers niet te vergeten, alleszins lofwaardig is.

De Commissie vergaderde onder voorzitterschap van Prof. R. A. Helliwell (U.S.A.); vice-voorzitter was F. H. Dickson (U.S.A.); terwijl er twee secretarissen waren, F. Horner (Engeland) en G. Foldès (Frankrijk). Er waren in totaal 11 vergaderingen, telkens onder leiding van een andere voorzitter. Onderwerpen, die ter sprake kwamen, waren o.a.: bronnen van atmosferische storingen in de bliksemslag, terminologie, eigenschappen van natuurlijk geruis, 'whistlers', en wat het Internationale Geophysische Jaar daaromtrent heeft opgeleverd, hydromagnetische golven en voortplanting bij zeer lage frequenties (VLF) (samen met Commissie III), de exosfeer (eveneens met III), karakteristieke eigenschappen van door de mens veroorzaakte radiostoringen.

Een van de eerste voordrachten werd gehouden door Dr. Stumpers, die sprak over de CISPR. (Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques). Dit Comité wil

gaarne met de URSI-Commissie IV samenwerken. Dr. Stumpers legde de organisatie van de CISPR. uit. Er zijn drie subcomités, die zich bezighouden met voorschriften, metingen en veiligheid, en acht werkgroepen, die zich bezighouden met metingen, industriële, wetenschappelijke en medische apparaten, hoogspanningsleidingen, ontstekingsmotoren, ontvangtoestellen, collectormotoren en gasontladingsbuizen, veiligheid, statistische problemen. In oktober 1961 komen deze alle samen in Philadelphia.

Van de besluiten der Commissie IV wordt vermeld dat Prof. Helliwell nog één periode voorzitter zal blijven, ook bijft Foldès secretaris voor het Franse gedeelte. Onder-voorzitter voor de volgende twee perioden is Rivault (Frankrijk), terwijl Dr. E. T. Pierce (U.S.A.) secretaris wordt voor het Engelse gedeelte. De bedoeling is dat voortaan de bestuursleden twee perioden aanblijven. Als URSI-CIG-vertegenwoordigers werden benoemd: Morgan voor 'whistlers', Horner voor 'noise'. In het Inter-Union Comité voor betrekkingen tussen de zon en de aarde zal de heer Allcock (Nieuw-Zeeland) zitting nemen. De heer Horner is de contactman met het Radio Meteorologische Comité.

De Subcommissie voor 'Whistler Synoptic Observations' diende een aantal voorstellen voor resoluties in, die werden goedgekeurd. Zij hebben betrekking op IGY dispersiedata omtrent 'whistlers', die snel moeten worden gepubliceerd; verder op speciale uitzendingen van impulsen van VLF-zenders (Very Low Frequency). De vorm en het tijdstip van uitzending worden vastgelegd. De bestudering is van belang voor beter begrip van ,whistlers'. Internationale afspraken worden gemaakt voor de tijden dat synoptische 'whistlers' zullen worden geregistreerd. Tenslotte wordt een minimum programma vastgelegd voor de periode tot het volgende zonnevlekken-minimum. De deelnemende zenders worden opgesomd. Op onze breedte liggen Poitiers, Frankfurt, Greenbank, Moskou en nog enige andere zenders.

Door een andere Subcommissie is een rapport opgesteld over de karakteristieke data van radiostoringen van aardse oorsprong. Voorzitter van de Subcommissie was W. Q. Crichlow (U.S.A.). Besloten werd dit rapport te publiceren als een URSI-rapport. Het bevat een macht van gegevens betreffende het zeer moeilijke probleem van het vinden der juiste parameters om dit soort storingen te karakteriseren en deze gegevens grafisch vast te leggen.

Aanzienlijke vooruitgang is in de laatste jaren geboekt in de bestudering van de karakteristieke data van atmosferische sto-

ringen en hun hinder voor radioverbindingen. Nieuwe methoden werden ontwikkeld om de detailstructuur van de storingen te onderzoeken en de invloed ervan op verbindingen van verschillende aard. Het is nu mogelijk om met een zekere mate van betrouwbaarheid het vereiste signaalniveau vast te stellen om een verbinding van bepaalde kwaliteit te onderhouden, indien het niveau en de karakteristieke eigenschappen van de storingen bekend zijn. Echter is het nog zeer moeilijk om van tevoren te voorspellen wat het niveau der storingen en hun genre zal zijn op een bepaalde tijd in de toekomst. Hier zijn zoveel variabelen bij betrokken! Gehoopt wordt dat met gebruikmaking van de vele gegevens die het Internationale Geophysische Jaar heeft opgeleverd, in de toekomst wellicht verbeterde voorspellingsmethoden zullen kunnen worden uitgewerkt.

Een verdere resolutie was dat het werk der Subcommissie over terminologie zal worden voortgezet in de volgende periode. De heer Horner zal voorzitter zijn. De Commisie heeft moeite gehad om tot overeenstemming te komen over de aanbevolen terminologie. Een eerste lijst van woorden is vastgelegd. Zij hebben betrekking op de volgende zaken: Terrestrial Noise: *A*. Atmospheric Noise, *B*. Ionospheric Noise, *C*. Whistlers, *D*. Interactions.

Bij *A* wordt vermeld: atmospheric, regular peaked types, tweeks, regular smooth types, long train types.

Bij *B* wordt vermeld: ionospheric, hiss, discrete emissions, dawn chorus.

Bij *C* wordt vermeld: nose, multiple, multi-path, multi-source, short, 'one-hop', long, 'two-hop', hybrid, echo-train.

Antwoord werd gegeven op twee CCIR vragen, betrekking hebbende op de wijze waarop 'whistlers' zich voortplanten en op meetmethoden voor atmosferische storingen.

Een belangrijk punt was tenslotte de nieuwe naam van de Commissie. Deze luidt nu ongeveer zo: Commissie voor de bestudering van het ontstaan, de karakteristieke kenmerken en de voortplanting van radiostoringen en de invloed daarvan op radioverbindingen. Het is echter moeilijk een naam te vinden die de activiteit der Commissie niet te veel aan banden legt, beperkt, en toch ook niet te veel overlapping geeft met het werk van andere Commissies. Het is deze verslaggever niet

bekend hoe de nieuwe naam, tevens doelstelling en begrenzing van het werk der Commissie, tenslotte geworden is in het touwtrekken met andere Commissies, die meenden dat van hun werk iets werd afgekapt.

J. Bloemsma

Commissie V
Radio-astronomie

Voorzitter: Prof. A. C. B. Lovell (Verenigd Koninkrijk)

Commissie V houdt zich bezig met de studie van radiogolven uit het heelal voor astronomische doeleinden. Haar voornaamste taak is uiteraard de studie van door astronomische objecten uitgezonden radiostraling. Daar radar-reflecties aan de maan en de planeten ons iets leren omtrent deze hemellichamen, en ruimtevaartuigen informatie betreffende de condities tussen de planeten geven, wordt de studie van deze informatie mede tot de taak der commissie gerekend.

Tijdens de vier zittingen van de commissie werd discussie gevoerd over de volgende onderwerpen:

discrete bronnen van radiostraling,
galactische straling,
waarnemingen van planeten en meteoren,
zonnestraling.

Voorts waren er een drietal zittingen tezamen met andere commissies.

Op een bijeenkomst tezamen met commissie VI werd gediscussieerd over antennes en uitwerking van waarnemingen. Een van de belangrijkste conclusies van deze bijeenkomst was wel dat wat betreft de bouw van antennes met groot oplossend vermogen, die snel grote delen van de hemel kunnen aftasten, het laatste woord nog lang niet gesproken is. Zo zou men, door de tienduizenden elementen van een kruisantenne of een „broadside array" ieder afzonderlijk met een centraal punt te verbinden ze van een voorversterker te voorzien, en ze verschillende fasedraaiingen te geven, in principe een groot deel van de hemel gelijktijdig met een groot oplossend vermogen kunnen

zien. Dat hierbij de verwerking van de gegevens een grote rol gaat spelen is wel duidelijk. Zeker zal echter in de toekomst veeleer in deze richting gezocht moeten worden dan in de richting van grote paraboloïden, die slechts één punt van de hemel tegelijk kunnen zien. Het is immers zo dat, daar men streeft naar een oplossend vermogen van de orde van één boogminuut, en er 1,5 x 10^8 vierkante boogminuten aan de hemel zijn, een één-bundelig instrument een bijzonder langdurige waarneemperiode zou hebben als alles onderzocht moest worden.

Een bijeenkomst tezamen met commissie VII was gewijd aan gevoelige ontvangers: MASERS en parametrische versterkers. De radio-astronoom staat hier voor heel andere problemen dan de „signaal-ontvanger". De laatste is het er om te doen zwakke signalen te detecteren en te begrijpen, signalen die gewoonlijk slechts bij één precieze frequentie worden uitgezonden. De radio-astronoom echter zoekt in het algemeen naar straling welke een continu spectrum heeft en wil deze niet alleen detecteren, maar er ook zeer nauwkeurig de sterkte van meten. De straling heeft hetzelfde karakter als de ontvangerruis en vereist wordt dus ten eerste een zo laag mogelijke en ten tweede een zo constant mogelijke ontvangerruis. De versterking moet dus zeer constant gehouden worden, liefst beter dan 1% over een tijdsinterval van een uur. Dit nu blijkt een zeer moeilijk te verwezenlijken ideaal: men heeft òf veel ruis en goede stabiliteit òf weinig ruis en slechte stabiliteit. Door zeer nauwkeurige mechanische constructie en zeer stabiele voeding is men er het afgelopen jaar in geslaagd zowel een MASER als een parametrische versterker ruisarm èn stabiel te maken.

In een bijeenkomst tezamen met commissie III werd gesproken over noorderlicht-verschijselen, welke commissie V voornamelijk interesseren wegens de storende invloed die ze op radiostraling uit het heelal uitoefenen.

1. Galactische en extra-galactische radio-astronomie

De mededelingen over nieuwe radio-astronomische metingen waren veelal bijzonder belangwekkend. Een van de conclusies, die men na afloop van het congres kan trekken, is, dat de tijd van wereldschokkende nieuwe ontdekkingen voorbij is en dat de radio-astronomie nu zijn — zeer belangrijke — plaats in de

sterrenkunde heeft ingenomen. De kwaliteit van vele onderzoekingen wordt voortdurend verbeterd en er wordt meer en meer aandacht besteed aan het nauwkeurig en grondig onderzoeken van bepaalde aspecten.

Zo worden in verschillende observatoria ernstige pogingen gedaan om orde te scheppen in de chaos van discrete bronnen. De hemel is overdekt met kleine objecten, die men vroeger wel radiosterren noemde, maar die niets te maken hebben met de zichtbare sterren. Een aantal van deze objecten, vooral de grotere, kan soms gemakkelijk, soms met enige moeite, worden geïdentificeerd op foto's van de hemel. Het zijn eensdeels wolken van heet waterstofgas, geïoniseerd door nabije zeer hete sterren, anderdeels restanten van supernovae, sterren welke op een of andere tijd in het verleden ontploften en hun materie de wereldruimte inslingerden. In het laatste jaar is het aantal als supernovae geïdentificeerde radiobronnen uitgebreid van 5 tot 12. Een groot aantal andere bronnen waarvan het spectrum en de positie doet vermoeden dat het supernovae zijn, zijn niet optisch zichtbaar wegens de absorptie van het licht door donkere wolken in het Melkwegstelsel.

Ver over de duizend radiobronnen, homogeen verdeeld over de hemel, zijn tot nu toe waargenomen. Hierbij zijn normale extragalactische nevels, spiraalnevels zoals ons eigen Melkwegstelsel, en bijzondere objecten, zoals botsende Melkwegstelsels. Deze abnormale objecten zenden zeer veel radiostraling uit vergeleken met normale sterrenstelsels. Om te midden van de vele zwak licht uitstralende sterrenstelsels op een foto degene te te vinden die voor de radiobron verantwoordelijk is, is een grote nauwkeurigheid in de positiebepaling vereist.

Met behulp van een interferometer bestaande uit twee beweegbare parabolische spiegels van 27 meter diameter, ten opzichte van elkaar verplaatsbaar gemaakt doordat ze op een railbaan zijn opgesteld, is het de Californische radio-astronoom Bolton gelukt positiebepalingen met een nauwkeurigheid van enige tienden van een boogminuut te doen. Bovendien hebben hij en onderzoekers in Manchester, Sydney en andere plaatsen diameters van een aantal van deze objecten kunnen bepalen, welke uiteenlopen van 10 boogminuten tot kleiner dan $\frac{1}{4}$ boogminuut.

Op foto's en spectrogrammen gemaakt met 's werelds grootste optische telescoop, de 5-meter spiegel op Mount Palomar, heeft men een aantal bronnen eenduidig kunnen identificeren met merk-

waardige extragalactische nevels, waarbij tevens de afstand van deze objecten is bepaald. Het reeds lang bestaande vermoeden dat vele radiobronnen ver verwijderde abnormale sterrenstelsels zijn, werd hiermede bewaarheid. Tijdens het onderzoek werd het verste tot nu toe gefotografeerde object ontdekt: een sterrenstelsel op een afstand van 6 miljard lichtjaren, dat zich van ons verwijdert met een snelheid van 0,46 maal de lichtsnelheid! En dit object behoort tot de 50 helderste radiobronnen! Voorwaar een teken dat er merkwaardige processen in deze objecten plaatsvinden.

Op de radiosterrewacht te Cambridge, die door de deelnemers aan het congres bezocht werd, wordt bijzonder mooi werk verricht. De twee belangrijkste antennes zijn langgerekte antennesystemen, in combinatie met een kleinere verplaatsbare antenne. De antenne voor 178 MHz is een cilindrische paraboloide van 435 m x 19 m, de antenne voor 38 MHz is een cornerreflector van 1000 m x 12 m. De verplaatsbare elementen worden van week tot week in een andere positie geplaatst en door de metingen in een elektronische rekenmachine te bewerken kan men een resultaat verkrijgen dat overeenkomt met dat van een antenne bestaande uit twee evengrote elementen. Men noemt deze methode de aperture-synthesis. Dank zij het grote oplossend vermogen worden grote aantallen nieuwe radiobronnen gevonden en kan de Melkweg met grote nauwkeurigheid in kaart worden gebracht.

Het onderzoek van het Melkwegstelsel met behulp van de radiostraling gaat dank zij de nieuwe antennes en lage-ruis ontvangers met rasse schreden vooruit. Het is te verwachten dat de komende drie jaren ons wederom veel nieuws zullen leren.

2. *Radio-astronomie van het zonnestelsel*

Het belangrijkste radio-astronomische object in ons zonnestelsel is de zon, maar daarnaast is er gedurende de laatste drie jaren steeds meer aandacht besteed aan het radio-onderzoek van planeten.

Terwijl de radiostraling van Melkweg en discrete radiobronnen een volkomen statisch karakter heeft, is het karakter van de zonneruis buitengewoon dynamisch.

Gedurende de afgelopen jaren van grote zonsactiviteit zijn de radiozonneverschijnselen intensief bestudeerd, waarbij de waarnemingen door middel van radiospectrografen een belangrijke rol hebben gespeeld. Nog steeds zijn de verschijnselen buiten-

gewoon intrigerend en veelal zo gecompliceerd dat de theoretische interpretatie op grote moeilijkheden stuit. Bijzonder belangwekkend zijn de ruisverhogingen van het type IV die ontstaan na het optreden van bepaalde zonnevlammen. Deze versterkte radiostraling, die een continu spectrum vertoont, houdt kennelijk verband met de aanwezigheid van energierijke elektronen die een tijdlang worden vastgehouden in de met zonnevlekken verbonden magneetvelden. Uit geofysisch oogpunt zijn de type IV uitbarstingen van belang vanwege hun nauwe correlatie met het optreden van absorptie in de aardse poolkap, die wordt veroorzaakt door van de zon afkomstige protonen met energieën in de orde van 100 MeV.

Ten aanzien van de uitbarstingen van het type II en III („slow drift" en „fast drift" uitbarstingen), waaraan enige statistische onderzoekingen zijn gewijd, hebben zich niet veel nieuwe gezichtspunten voorgedaan.

Het meest voorkomende zonneruisverschijnsel, de ruisstorm, wordt meer en meer in detail onderzocht. Smalle-bandspectrografie en metingen van de positie en de uitgebreidheid van individuele stormstoten leveren op dit terrein mooie resultaten op. De bronnen van stormstraling worden nu ook twee-dimensionaal gelocaliseerd (Nançay, Fr.), waardoor mogelijk een beter inzicht zal worden verkregen in de soort condities die aanleiding geven tot het optreden van een ruisstorm.

Op hoge frequenties, boven 1000 MHz, zijn de zonneverschijnselen minder gecompliceerd dan op de lagere, maar ook in dit gebied valt nog heel wat te preciseren. De bepaling van de twee-dimensionale helderheidsverdeling over de zon is een veredeld soort routine-aangelegenheid geworden, die nu op golflengtes 20 cm (Sydney) en 9 cm (Stanford) wordt uitgevoerd. Meer aandacht is men gaan besteden aan het spectrum van met zonnevlammen geassocieerde uitbarstingen, waarbij men waarnemingen heeft gedaan tot op golflengtes van slechts 4 mm (Naval Research Laboratory). Ook is het intensiteitsverloop van de uitbarstingen in detail vergeleken met de optische lichtkrommen van zonnevlammen.

Na de zon is binnen ons zonnestelsel de planeet Jupiter het meest dankbare object voor waarnemingen. Al sinds een aantal jaren leggen enkele observatoria zich toe op de waarneming van de kortstondige radiostoten die op frequenties om en nabij 20 MHz vanuit enkele storingshaarden op de planeet worden uitgestraald. Er schijnt iets van een samenhang te bestaan

tussen de Jupiter-activiteit en de grote uitbarstingen die af en toe op de zon plaatsvinden. Sinds betrekkelijk kort heeft men nu ook de stationaire straling van Jupiter gemeten op hoge frequenties. Verrassend is dat men hierbij abnormaal hoge temperaturen heeft gevonden, die evenredig met het kwadraat van de golflengte toenemen ($T = 70\,000\,°K$ bij $\lambda = 68$ cm). Mede op grond van de gepolariseerdheid van deze straling vermoedt men hier te maken te hebben met synchrotronstraling van kosmische-stralingsdeeltjes die door het magneetveld van Jupiter zijn ingevangen. Dat Jupiter door een soort Van Allen gordel zou zijn omgeven, wordt waarschijnlijk gemaakt door een meting op golflengte 31 cm die als uitgebreidheid van de radioschijf 2 boogminuten opleverde, dat is ongeveer 3 malen de optische diameter (Caltech.).

Mogelijk zendt ook Saturnus evenals Jupiter laagfrequente radiostoten uit, terwijl van deze planeet ook straling op hoge frequenties is gedetecteerd.

In het geval van Venus is een thermische straling gemeten die correspondeert met een temperatuur van omstreeks 600 °K (Naval Res. Lab.).

Radarproeven met betrekking tot de zon en Venus zijn met succes bekroond. Significante resultaten heeft men kunnen verkrijgen door een groot aantal opeenvolgende echo's te integreren. Op 26 MHz heeft men te Stanford echo's van de zon opgevangen die bleken te worden teruggekaatst op een hoogte van 0,7 zonsstraal boven het zonsoppervlak. Echo's van Venus zijn opgevangen door het Lincoln Laboratory (Massachusetts) op 440 MHz en te Jodrell Bank op 408 MHz. Uit de echotijd is een verbeterde waarde voor de zonsparallax afgeleid, die nu met een nauwkeurigheid van beter dan 1 op 10^4 bepaald is.

Zeer verfijnde radarproeven zijn de laatste jaren ook uitgevoerd met betrekking tot de Maan. Gebruikmakend van de libratie en van de verschillen in echotijd kan men het maansoppervlak bij wijze van spreken van punt tot punt aftasten. Er is een sterke concentratie van echosterkte naar het dichtsbijgelegen punt van de Maan. Het centrale gedeelte van de Maan werkt blijkbaar als directe reflector. Naar de rand toe gaat een steeds groter gedeelte van het signaal verloren door zijdelingse weerkaatsing in het wereldruim.

G. Westerhout, A. D. Fokker

Commissie VI
Radiogolven en netwerken

Voorzitter: Prof. Dr. S. Silver (Verenigde Staten)

Deze commissie stelde in haar eerste vergadering een werkgroep in ter bestudering en beantwoording van CCIR-vragen, met als leden Darlington, van Duuren, Lochard, Stumpers en Zadeh.

De eerste wetenschappelijke zitting stond onder leiding van Prof. Barlow en was gewijd aan oppervlaktegolven. Een forum, samengesteld uit Bremmer, Brown, Cullen, Karbowiak, Marcowitz, Simon, Wait en Zucker, zou onder leiding van de voorzitter trachten een goede definitie van het begrip 'oppervlaktegolven' te geven. Zucker begon met het eenvoudige geval van een vlak oppervlak met zuiver reactieve oppervlakte-impedantie. Een vlakke oppervlaktegolf wordt gekenmerkt door een exponentieel uitsterven als men zich van het oppervlak verwijdert; de grenscondities moeten aan het oppervlak vervuld zijn; een niet exponentieel afnemende component van de energiestroom moet bestaan parallel aan het oppervlak (behalve bij Ohmsche verliezen); voorts voldoet de oppervlaktegolf aan de homogene (bronvrije) golfvergelijking. Wait sluit zich aan bij Sommerfeld en Norton. Ook hij begint met een eenvoudig geval: een dipool boven vlak oppervlak met niet-inductieve oppervlakte-impedantie. De oplossing is dan te splitsen in een ruimtegolf en een Norton oppervlaktegolf. Hieraan moet nog een extra langzaam langs het oppervlak afnemende ('trapped') oppervlaktegolf toegevoegd worden in het geval van inductieve oppervlakte-impedantie. Voor minder eenvoudige oppervlakken zou men dan naar het gedeelte van de oplossing moeten zoeken, dat bij de transformatie naar een plat vlak overgaat in reeds gedefiniëerde oppervlaktegolven. Toraldo di Francia merkte op, dat dezelfde soort golven ook zonder oppervlak kunnen ontstaan bij de straling van een bewegend geladen deeltje, maar in de discussie vond men dit toch eerder een lijnbron. Simon gaf voorbeelden van toepassing van oppervlaktegolven bij antennes voor nauwe bundels. Een uitvoerig overzichtartikel (93 verwijzingen) van Miller en Talanov kwam in de vergadering door tijdgebrek niet tot zijn recht. Tot teleurstelling van de voorzitter kon het forum zich niet met een algemene definitie verenigen; men vond dit geen groot gebrek, ieder dient in zijn eigen artikelen goed dui-

delijk te maken, wat hij eronder verstaat. Dit geldt temeer, nu men er zich van bewust is, dat oppervlaktegolven van geheel verschillend type alle een realiteit hebben.

Onder leiding van Sinclair werd over randwaardeproblemen gesproken. Wainstein gaf een overzicht van Russisch werk (74 ref.). Kleinman en Timman behandelden speciale toepassingen: diffractie door een vlak scherm met spleetvormige opening, en het probleem van een lijnvormige bron in een geleidende strook. Beide problemen worden opgelost in de vorm van exacte integraalvoorstellingen.

Onder voorzitterschap van Stumpers werd gesproken over codering. Elias gaf een algemene inleiding: codering voor praktische communicatiesystemen, waarbij de nadruk viel op Bose-Chaudhuri en recurrente codes. De ingewikkelde codes (Wozencraft), waarbij iedere nieuwe codering afhangt van de codering der voorafgaande woorden, en men dus corrigeert door de samenhang met het verleden te beschouwen, leiden in principe tot foutloze overdracht. Toch moeten de rekenmachines soms te lang rekenen, zodat men bij overschrijding van een bepaalde grens liever terug gaat vragen. Il'yin droeg een artikel van Siforov voor met een volledig overzicht van het Russisch werk in de laatste jaren. Van Duuren sprak over resultaten met de bekende 4-3 code in fading (verschillende mathematische modellen). Terwijl van Duuren meent, dat de eenvoudige code altijd goede resultaten geeft, wanneer communicatie mogelijk is, voerde Elias aan, dat wanneer hoge eisen gesteld worden - bij toch reeds kostbare verbindingen - de ingewikkelde codes de enig bruikbare kunnen zijn. Het Lincoln Laboratorium zal in de naaste toekomst met deze codes en de bijbehorende rekenmachines gaan werken over experimentele trajecten.

Onder leiding van Silver werd gesproken over antennes en verwerking van data (een titel, die niet al te duidelijk was). Bracewell merkte op, dat de relatie tussen de output van een antenne en de distributie aan de hemel via een convolutie-integraal wordt beschreven (een convolutie van de tweedimensionale response van de antenne voor een puntbron met de werkelijke inputverdeling). Reeds hier kan men dataverwerking toepassen om de optimale benadering tot het origineel te vinden. Dit heeft pas zin bij antennes met zeer nauwe bundel. Voorts kan men een grote opening synthetiseren door twee kleine openingen in serie te gebruiken. Deze 'opening-synthese' werd door Ryle gebruikt toen hij voor zijn kruisantenne slechts één

arm volledig opbouwde, en de andere na elkaar aftastte. Tenslotte kan men de outputs van grote aantallen kleine antennes met geschikte faseverschuivingen en versterkingen samenvoegen om tegelijk verschillende bundels te synthetiseren. Silver sloot zich bij dit laatste model aan. Hij dacht daarbij ook aan dynamische antennes, door fasedraaiing en versterking der van de elementen afkomstige spanningen als functie van de tijd te variëren. Door geschikte modulatiemethoden kan men bijv. het niveau der ongewenste zijlobben in het antennepatroon verminderen. Voorts kan men met vermenigvuldiging en autocorrelatie antennepatronen samenstellen, die met tweemaal grotere elementafstanden dan die van het gebruikte antennestelsel overeenkomen. Broussaud behandelde een zgn. supergain antenne, die een bundelbreedte van 18° bereikt waar de klassieke antenne 65° gehad zou hebben. Maar Bracewell attendeerde erop, dat dit soort winst alleen bij zeer smalle basis tot stand komt, daar men slechts aan beide uiteinden $\lambda/2$ wint. Een bijdrage van Drabowitch over het gebruik van communicatie-theorie bij antenneberekening sloot zich bij het eerste deel van Bracewell's betoog aan. Ryle, die de meeste praktische ondervinding heeft op dit gebied, nam ook aan de discussie deel met gegevens over de Cambridge antennes, wierp echter geen licht op de gedeeltelijk minder bevredigende resultaten hiermee bereikt.

Een gehele dag was gewijd aan statistisch inhomogene media. De Fransen, Biggi, du Castel, Simon en Voge, gaven een zendontvanginrichting op 3000 MHz aan, die in 1/20 sec door een band van 200 MHz zwaait, en over een verbinding van 300 km een snelle frequentie-analyse van de voortplanting buiten de horizon toelaat. Twersky hield een enthousiast betoog over strooiïng in statistisch inhomogene media, die hij toeschrijft aan dunne of dichte verzamelingen van kleine verstrooiende eenheden. Hij besprak ook gedetailleerde modelproeven met schuimballen. De voorstanders van theorieën van meer continue modellen bleken toch niet geheel overtuigd, al ontbrak de scherpte der vroegere Booker-Carroll disputen. Fock gaf een nieuwe rekenmethode aan, die bij gebrek aan achtergrond moeilijk te volgen was. In de middagzitting ging het onder leiding van Loeb meer om de communicatie door dit soort media. Siforov had een bijdrage samengesteld, waarvan bij afwezigheid van de schrijver Stumpers de hoofdinhoud voordroeg. Siforov leidde hierin enige resultaten af, welke hij reeds in Boulder kort had meegedeeld. De interessante methode laat echter nog twijfel aan mathema-

tische strengheid bestaan. Toch is de hoeveelheid werk, die de Russen op bijna ieder gebied in commissie VI bijdragen, indrukwekkend, en wordt alleen door het volumineuze Amerikaanse rapport geëvenaard. Het ontbreekt aan inleiders, die het werk van beide zijden in onderling verband zien, en kunnen weergeven. Zadeh gaf een overzicht van Silverman's werk op het gebied der codering, en Loeb gaf een toepassing van Siforov's theorie voor het eenvoudige geval van binaire communicatie. Green behandelde het werk van het Lincoln Laboratorium op dit terrein; vooral dat van de jonge Indiër Kailath, ook bijgedragen in het juist voorafgegane Informatietheorie Symposium, verdient de aandacht.

Een zitting onder leiding van Prof. Tellegen was gewijd aan netwerktheorie en vaste stof. Duinker introduceerde de ideale unitor en de ideale traditor, met welke eenvoudige elementen, tezamen met de klassieke, hij alle passieve constante niet-lineaire systemen hoopt op te kunnen bouwen. Weinberg en Zadeh vonden dit nogal een ambitieus programma. Of en hoe de nieuwe elementen fysisch gerealiseerd kunnen worden, is nog een open vraag. Hoselitz sprak over de eigenschappen van vaste stoffen, die in netwerkelementen gebruikt kunnen worden. Combinatie van bekende effecten met suprageleiding, en resonantieverschijnselen zoals die bij paramagnetische ionen in vaste stoffen optreden, werden als nieuwe mogelijkheden genoemd. Boothroyd sprak over de praktische toepassing van vaste-stofelementen, in hoofdzaak halfgeleiders o.a. Hall effect, gyrators en circulators. Esaki sprak over de door hem in 1957 gevonden tunneldiode, gekenschetst door een negatieve-weerstandskarakteristiek. Hiermede kan men naar beneden converteren met versterking en laag ruisgetal. Voor de diodeversterker werd 120 °K als ruistemperatuur opgegeven. Galliumarsenide en indium-antimoon bieden als grondstof nog betere vooruitzichten dan germanium en silicium. Aigrain gaf een praktische schakeling met tunneldiodes aan.

Een zitting voor alle commissies werd besteed aan ruimtelijke relayeringsproblemen. Maeda besprak kanalen in de exosfeer, die niet alleen laagfrequent (whistlers) maar ook hoogfrequent bruikbaar zouden zijn. De waarnemingen van Obayashi hierover zijn nog niet erg goed bevestigd. Pierce sprak over technische aspecten van satelliet-communicatie. Een en ander werd toegelicht aan de echo-satelliet, die juist een maand tevoren in haar baan was gebracht. Men streeft naar actieve deelname

van de satelliet. Een éénwatt lopende-golfbuis met een levensduur van tien jaar is hiervoor in ontwikkeling. Verder gebruikt men bredeband-frequentiemodulatie met negatieve frequentieterugkoppeling in de ontvangers. Pollack sprak over soortgelijke problemen. Morrow trok sterk de aandacht met het plan van het Lincoln Laboratorium om ca. 100 kg microgolfdipolen in een cirkelbaan op een hoogte van enige duizenden kilometers rondom de aarde te brengen. Met masers en parabolische antennes kan men de communicatie op zeer hoge frequenties en afstanden tot 10000 km bedrijven met een capaciteit van enige tienduizenden bits. Voor communicatie is dit een aardig plan, maar de astronomen vreesden toename van het strooilicht. Enigszins was hierin voorzien, doordat het dipoolmateriaal na enkele jaren vanzelf uiteenvalt. Bovendien waren de astronomische gevolgen berekend en voor één ring niet al te ernstig bevonden. Men verwacht, dat het eerste experiment binnenkort zal plaatsvinden, maar men hoopt, dat vóór verdere experimenten overleg in de ICSU mogelijk zal zijn.

In de slotzitting van commissie VI werd meegedeeld dat het Executive Committee Loeb benoemd had tot voorzitter voor de volgende periode. Vice-voorzitters werden Marcuvitz, Stumpers en Weinberg. Secretarissen werden niet benoemd. Het verslag van de werkgroep over CCIR-vragen werd goedgekeurd. (Attent werd gemaakt op moderne coderingsmethoden, en op nieuw werk uit de Bell Laboratories op het gebied van de relatie tussen pulsduur en bandbreedte.) Een commissie voor symposia werd benoemd onder leiding van Siegel (leden Fock, Darlington, Knudsen, Meixner, Sinclair, Stumpers, Timman). Een symposium over elektromagnetische theorie werd aangekondigd voor Kopenhagen juni 1962. Cospar zal in april 1961 een symposium houden in Italië. Een werkgroep (Silver, Il'yin) zal nagaan hoe men de datatransmissie van en naar satellieten het best aanpakt. Pierce zal een ruimtecommunicatie symposium voorbereiden. In algemene termen werd het programma voor de eerstvolgende triade besproken.

F. L. H. M. Stumpers

Commissie VII
Radio - elektronica

Voorzitter: Prof. Dr. W. G. Shepherd (U.S.A.)

In zes zittingen werden uiteenlopende onderwerpen uit de radio-elektronica behandeld.

Een zitting gewijd aan moleculaire en parametrische verster kers werd georganiseerd door Prof. Burgess (Canada); voorzitter was Prof. Prokhorov (U.S.S.R.) en inleiders waren Prof. Bloembergen (U.S.A.) en Dr. Heffner (U.S.A.).

De eerste besprak, na een omschrijving gegeven te hebben van het te behandelen gebied, welke wisselwerkingen er in principe tussen elektromagnetische stralen en materie kunnen optreden. Daarna werd het principe behandeld waarmede een maserwerking kan worden verkregen. Besproken werd hoe bij de maser met vaste stof bij lage temperaturen paramagnetische ionen worden gebruikt als voorversterker voor microgolven bij een lage ruis. Toepassingen werden besproken zoals de atoomklok, magnetometers, lage-ruis microgolfversterker, infra-rood en optische masers.

Dr. Heffner behandelde, na de historie en het principe der parametrische versterkers besproken te hebben,

a) de Manley-Rowe relaties,
b) de regeneratieve versterkers en 'up-converters',
c) de uitvoeringen met trilholte en lopende golven.

Verder werden besproken de toepassingen van ferrieten, halfgeleiderdioden, elektronenbundels en andere mogelijkheden, zoals ferro-electrics en cycloresonanties in halfgeleiders, als parametrische elementen. Na een overzicht van de tot heden bereikte resultaten werden enkele mogelijkheden voor de toekomst besproken.

Een zitting over de elektromagnetische eigenschappen van ferrimagnetische materialen en hun toepassing in het gebied van meter- tot millimetergolven was samen met Commissie VI, doch onder leiding van Commissie VII en werd georganiseerd door Prof. Van Trier (Nederland); voorzitter was Prof. Polder (Nederland) en inleider Prof. Lax (U.S.A.).

De recente ontwikkeling en studies van ferrimagnetische ma-

terialen in golfpijpen omvatten een breed gebied van activiteit. Het is niet meer alleen beperkt tot toepassing van ferrieten voor microgolven, daar er tegenwoordig ook niet-reciproke componenten zijn, die andere ferrimagnetische en die antiferromagnetische materialen benutten. Verder is het golfgebied niet meer beperkt tot de microgolven doch reikt van het meter- tot het millimetergebied. Men heeft het niet-lineaire gedrag van ferrieten en granaten bij grotere energieën onderzocht. Dit heeft geleid tot het ontwikkelen van richtingsisolatoren voor hoog vermogen en tot de uitvinding van geheel nieuwe apparatuur, zoals de ferromagnetische versterker, de harmonische generator en de microgolfbegrenzer. De theoretische en fundamentele onderzoekingen hebben zich geconcentreerd op de verliezen in ferrieten bij microgolven. De rol die de spingolven spelen bij dit relaxatie-mechanisme, werd aangetoond. Bijzondere problemen over de voortplanting van elektromagnetische golven zijn bestudeerd tussen vlakke platen als imitatie van coaxiale geleiders. Ook de anomale gyromagnetische modes in rechthoekige golfpijpen zijn onderzocht. Coaxiale niet-reciproke componenten zijn ontwikkeld voor het U.H.F. gebied door het gebruik van granaten of ferrieten met aluminium als substituut. Door de uitvinding van de ferriet-circulator werd voor kleine energie een compact apparaat verkregen dat gebruikt kan worden in het U.H.F. en millimetergebied. De behoefte aan apparaten voor het mm-gebied stimuleerde de ontwikkeling van circulatoren en isolatoren voor 2 mm. Voor de isolatoren, die voor resonantie hoge velden vereisen, werden eerst uniaxiale magnetische oxyden met grote magnetische anisotropie gebruikt. Heden ten dage echter worden antiferromagnetische materialen benut waarvan de inwendige velden vijftig tot honderd kilogauss bereiken en wel voor niet-reciproke opstellingen vanaf het millimetergebied tot ver in het gebied van het infra-rood. Voor praktische toepassingen is interesse gegroeid voor snelle elektronisch-gecontroleerde microgolfschakelaars en voor reciproke fasedraaiers met ferrieten voor toepassingen bij antenne-aftasting.

Een zitting die tot onderwerp had 'gevoelige ontvangers, met inbegrip van parametrische versterkers', was samen met Commissie V en werd door de laatste georganiseerd. Hiervoor wordt verwezen naar het verslag van Commissie V.

Een zitting over energie-omzetting werd georganiseerd en

voorgezeten door Prof. Wright (U.K.). De inleiders waren Prof. Aigrain (Frankrijk) en Dr. Wester (U.S.A.), die een overzicht gaven van recente onderzoekingen waarbij getracht werd een efficiente wijze te vinden om warmte direct in elektriciteit om te zetten. Dr. Wester besprak de mogelijkheden van deze nieuwe wijze van energie-omzetting o.a. in verband met een mogelijke toepassing bij de elektriciteitsdistributie.

Een zitting gewijd aan vaste-stofnetwerktheorie was samen met Commissie VI en werd door deze laatste georganiseerd. Hiervoor wordt verwezen naar het verslag van Commissie VI.

Een zitting handelde over plasma-verschijnselen en werd voorbereid door Prof. Smullin (U.S.A.); voorzitter was Prof. Massey (U.K.) en inleider Prof. Gould (U.S.A.).

Prof. Gould behandelde de eigenschappen van plasma's bij radio-frequenties, en wel ten eerste bij vlakke golven in een niet-begrensd plasma het effect van een statisch magnetisch veld, van Alfvén-golven, ionengolven en elektronenoscillaties. Ten tweede werden besproken golven en oscillaties in ruimtelijk ten dele begrensde plasma's, zoals deze optreden in oneindig lange cilinders, bijv. in golfpijpen voor versnellers, in vertragingslijnen en fasedraaiers en bij lopende-golfbuizen, en verder plasma's in een geheel afgesloten ruimte, zoals bij oscillaties in een bol of cilinder. Ook werden besproken oscillaties die volgen uit energieverliezen bij doorgang van elektronen door dunne folies. Ten derde besprak Prof. Gould de wisselwerking van een electronenbundel met een plasma, zoals bijv. met een tweede bundel, waarbij labiliteiten, oscillaties en versterking kunnen optreden. In verband met thermonucleaire onderzoekingen zijn wisselwerkingsverschijnselen en plasmatrillingen bestudeerd bij onderlinge beïnvloeding van een aantal bundels. Een overzicht werd gegeven van de belangrijkste recente onderzoekingen over het optreden van ruis en oscillaties met plasmafrequenties.

In alle zittingen volgden na de inleidende voordracht discussies en een aantal korte mededelingen en voordrachten over verwante gebieden door de gedelegeerden. Het is niet mogelijk gebleken hiervan een overzicht op te stellen.

J. L. H. Jonker

NAVIGATIECONGRES IN DÜSSELDORF

Op 16, 17 en 18 mei 1961 vond te Düsseldorf plaats een bijeenkomst van de navigatiegenootschappen uit Engeland, Frankrijk en Duitsland.

Het thema van deze 3e gemeenschappelijke vergadering was gewijd aan: Het voorkomen van aanvaringen ter zee en botsingen in de lucht met behulp van apparatuur opgesteld aan de wal, c.q. op de grond.

Inleidende lezingen werden gegeven door Capt. F. J. Wylie RN (ret.) en Wing Commander E. W. Anderson, OBE, DFC, AFC.

Laatstgenoemde gaf een interessante wiskundige uiteenzetting van de factoren, welke enerzijds aanvaringen ter zee, anderzijds botsingen in de lucht beheersen. Hij kwam tot de conclusie, dat aanvaringen tussen schepen evenredig zijn aan het produkt van aantal schepen x lengte der schepen x snelheid^2, terwijl de botsingen in de lucht afhankelijk zijn van aantal vliegtuigen x lengte^2 : hoogtebereik waarover wordt gevlogen. De snelheid der vliegtuigen speelt geen rol t.a.v. het botsingsgevaar in de lucht.

Voorts betoogde Anderson, uiteraard op grond van enkele onderstellingen, dat het voor hem 10 x veiliger geweest was met een vliegtuig van London naar Düsseldorf te komen dan het geval zou zijn geweest indien hij langs de weg was gekomen.

De meerderheid van de voordrachten bewoog zich op operationeel gebied en niet op zuiver technisch gebied.

Van de enkele technische voordrachten zij het navolgende gememoreerd:
De Japanners A. Kurokawa en T. Yamanaka gaven enkele bijzonderheden over een radarsysteem met circulaire polarisatie.

De heer L. S. LePage van de Royal Naval Scientific Service gaf hernieuwd een uiteenzetting van het voordeel bepaalde vaarroutes te markeren door middel van z.g. geleide-kabels (leader cables).

Van Duitse zijde werd een mist-detector beschreven. Eveneens van Duitse zijde werd een overzicht van waarnemingen gegeven over de mogelijkheden het bereik van geluidssignalen te verbeteren in richtingen tegen de wind in.

Eveneens van Duitse zijde werd een overzicht gegeven over de nauwkeurigheden bereikt met richtingzoekers in het VHF-gebied.

De Franse arts, Dr. Nouvel, hield een zeer interessante voordracht over de fysiologische effecten welke een rol spelen bij het bekijken van het radarscherm.

Van Japanse zijde werd een automatische alarminrichting beschreven, welke in samenwerking met scheepsradar functioneert en waarbij een signaal wordt gegeven indien zich een bepaalde radarecho in een zekere sector bevindt. De bedoelde inrichting wordt niet beïnvloed door „sea-clutter".

Eveneens van Japanse zijde werd een nieuwe Doppler radar beschreven voor gebruik aan boord van vliegtuigen.

Een interessant document ontstaan door samenwerking tussen de Technische Hogeschool te Berlijn en Telefunken verscheen over het onderwerp: „Automatisering van het luchtverkeer door middel van computers".

Ook van andere zijde werd dit onderwerp uitvoerig belicht.

Het Max-Planck-Instituut te Lindau gaf een overzicht van de fading-perioden waargenomen in het transatlantische radioverkeer op korte golven.
Een compleet stel documenten heeft steller dezes onder zijn berusting, welke hij gaarne ter beschikking stelt van geïnteresseerden.

C. B. Broersma

JUBILEUM NEDERLANDSCHE STANDARD ELECTRIC MIJ. N.V., 's-GRAVENHAGE

In juni 1911 werd te 's-Gravenhage gevestigd de Afdeling Nederland en Indië van de sedert 1882 te Antwerpen bestaande Bell Telephone Mfg. Co.

Telefooncentrales, alle voor het oude handbedrijf, telefoontoestellen en tele-

graafapparatuur werden door bemiddeling van dit ingenieursbureau aan het Staatsbedrijf der PTT geleverd en geïnstalleerd.

In het begin van de twintiger jaren deden automatische telefooncentrales hun intrede. In 1936 werd een aanvang gemaakt met de vervaardiging in Nederland van transmissie-apparatuur in het perceel Scheldestraat 160-162, waar Bell Telephone Mfg. Co., Afdeling Nederland en Indië, zich inmiddels had gevestigd.

In 1940 kreeg het bedrijf zijn tegenwoordige naam van Nederlandsche Standard Electric Mij. N.V. en de status van Nederlandse maatschappij.

Na de bevrijding werd een nieuw fabriekspand, gelegen aan de 1e v. d. Kunstraat 288-292, betrokken, waardoor uitbreiding aan de bestaande produktie kon worden gegeven en de vervaardiging o.a. van telefooncentrales, telefoontoestellen, huisautomaten, radiozenders, gelijkrichters en aanverwante apparatuur op telecommunicatiegebied aan het produktieprogramma werd toegevoegd. Ook op andere gebieden werden de activiteiten aanzienlijk uitgebreid. Van bijzonder belang is hierbij de rol, die het bedrijf speelt bij de automatisering van het telegraafverkeer in Nederland. Verder heeft de maatschappij een belangrijk aandeel in de levering en installatie van elektronische communicatie en navigatie systemen voor de civiele en militaire luchtvaart, terwijl bovendien bij de levering van elektronische computers, o.a. voor wetenschappelijk onderzoek, postmechaniseringssystemen en diverse soorten mechanische transportsystemen (buispost), belangrijke resultaten werden geboekt.

De Nederlandsche Standard Electric Mij. heeft daarbij nauwe samenwerking met alle maatschappijen, gegroepeerd in het International Telephone & Telegraph System.

Het bedrijf mag zich in een gestadige groei verheugen, welke o.a. tot uiting komt door de uitbreidingen van het gebouwencomplex in Den Haag. In 1960 werd een fabriek in Hoogeveen, speciaal ingericht voor de vervaardiging van telefoontoestellen, in gebruik genomen. Er werd een aanvang gemaakt met een verdere belangrijke uitbreiding van het fabriekscomplex aan de 1e v. d. Kunstraat te 's-Gravenhage, die dit jaar haar voltooiing zal vinden.

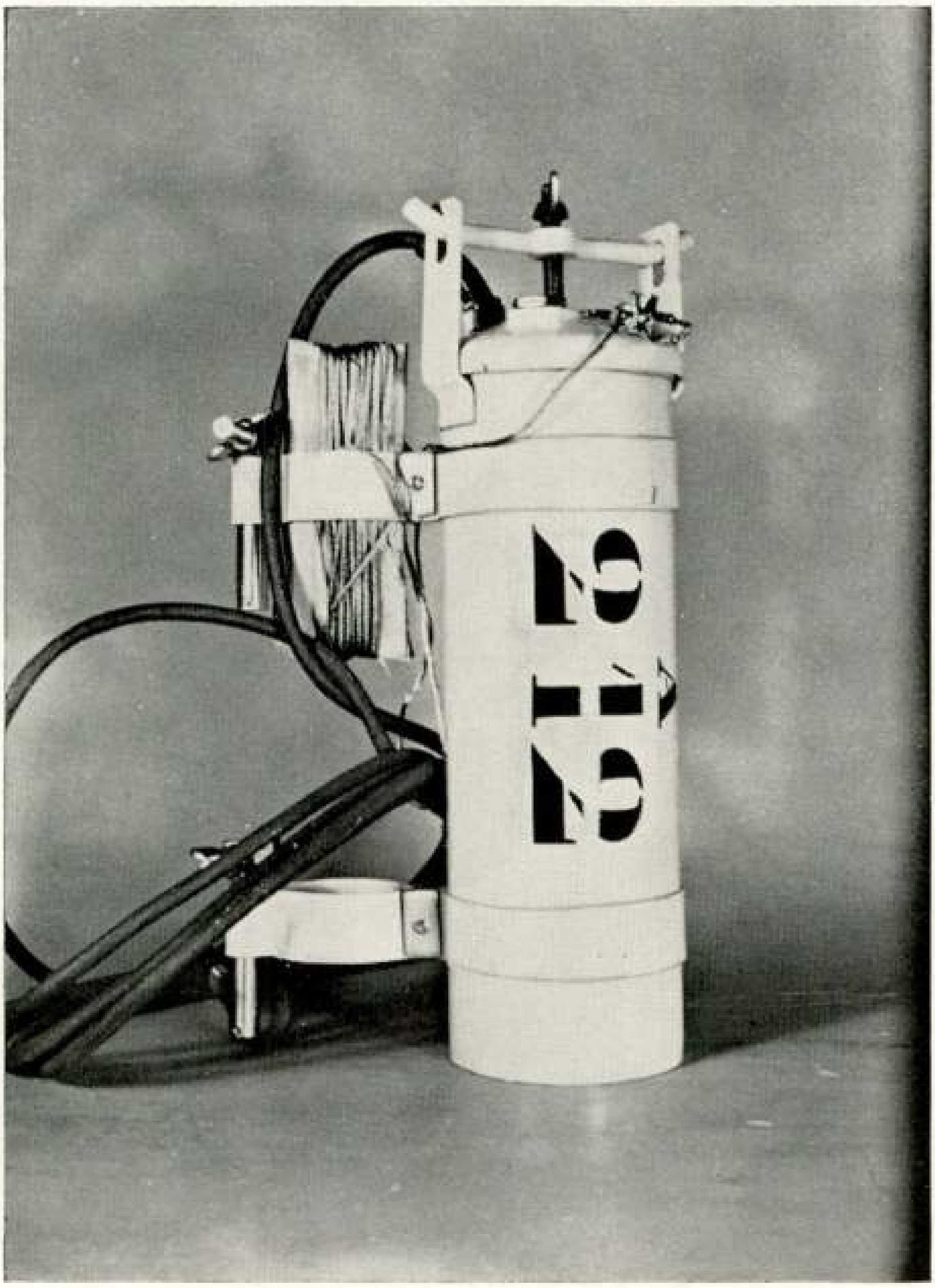
WALVISBOEIZENDERS VOOR DE „WILLEM BARENDSZ"

Tijdens het afgelopen seizoen is op de jagers en boeiboten van de walvisvaarder „Willem Barendsz" met veel succes het nieuwste elektronische hulpmiddel voor de walvisvaart, de walvisboeizender, toegepast. Dit apparaat, type BZ6014, bestaat uit een kristalgestuurde transistorzender die is ondergebracht in een helgele, waterdichte metalen koker. De voeding wordt betrokken uit een ingebouwde 12 volts batterij. De frequentie ligt in de band van 1605 tot 2155 kHz. De walvisboeizenders verschillen onderling 5 kHz. in frequentie. Er zijn drie uitvoeringen: één met een signaal van 200 punten per minuut, een ander met een signaal van 20 strepen en een derde met een signaal van 320 punten per minuut. De boeizender is bevestigd aan een lange bamboe stok die in de walvis wordt geprikt. De antenne zit rond de spies gewikkeld, de aarddraad hangt met een gewicht in het water. De zender heeft een vermogen van ca. 75 milliwatt. Het gewicht van de BZ6014 is gering terwijl de afmetingen zo klein mogelijk zijn gehouden. Daardoor is de boeizender goed hanteerbaar voor de bemanningen der jagers die dikwijls hun werk op een zwaar slingerend schip moeten verrichten. De buitengewoon slechte weersomstandigheden in het koude poolgebied stellen bovendien zware eisen aan de waterdichtheid en bedrijfszekerheid der toestellen.

Om het zoeken naar geschoten vissen door de boeiboten te vergemakkelijken plaatst de bemanning van een jager, al naar gelang de weerstoestand en het tijdstip van de dag, een vlag, lamp of radarbaken op de dode vis. Ondanks deze indicaties en de nauwkeurig bijgehouden plotdiagrammen komt het herhaaldelijk voor dat de boeiboten, en wanneer de avond gevallen is ook de jagers, zeer veel tijd verdoen met het opsporen van de geschoten vissen. Een dode walvis kan door zeestromingen en het slaan van de staart op het water soms wel 9 à 10 mijl „verzwemmen"!

Een boeizender maakt van een dode walvis een drijvend radiobaken dat tot op een afstand van 30 mijl nauwkeurig kan worden gepeild. Hierdoor kan de vis in de kortst mogelijke tijd worden opgespoord, wat een snelle en regelmatige bevoorrading van het fabrieksschip sterk bevordert.

Een ander voordeel van de bakenzender is dat de schutters bij ruw weer en slecht zicht eerder een vis durven te „vlaggen" dan voorheen. Zonder een walvisboeizender zou dit onder dergelijke slechte weersomstandigheden zeker niet verantwoord zijn. Nu is men echter in de gelegenheid de jacht onverminderd



Walvisboeizender, type BZ6014

voort te zetten. De opvarenden van de „catchers" en boeiboten zijn dan ook enthousiast over de mogelijkheden van de boeizender.

De walvisboeizenders vormen zonder twijfel een waardevolle uitbreiding van het arsenaal van elektronische hulpmiddelen dat een moderne walvisvaarder en haar jagers en boeiboten ten dienste staat en dat de kern van het bedrijf vormt. De boeizenders leveren een belangrijke bijdrage tot de verhoging van de produktiviteit en bevorderen de efficiency van het walvisbedrijf in niet geringe mate. Het beste bewijs van de waarde die de rederij aan deze elektronische hulpmiddelen hecht is wel het feit dat de „Willem Barendsz" het komend seizoen met 150 boeizenders ter walvisvaart zal gaan.

PHILIPS TELECOMMUNICATIE-APPARATUUR VOOR UNITED AIR LINES PLAATSRESERVERINGSSYSTEEM

De North American Philips Company Inc., was een belangrijke rol toebedeeld bij het tot stand komen van 's werelds grootste elektronische systeem voor commerciële doeleinden ten behoeve van het nieuwe plaatsreserveringssysteem, dat de „United Air Lines" onlangs in gebruik heeft genomen.

Dit systeem geeft momenteel reeds duizend agentschappen en reisbureaus, verspreid tussen Amerika's oost- en westkust, de gelegenheid in minder dan één seconde, respectievelijk vijf en een halve seconde, vliegpassages te bespreken voor elke UAL vlucht gedurende het komende jaar. Hiertoe hebben de agenten een boekingsmachine ter beschikking. Door het inzetten van een codekaart en het indrukken van enkele toetsen wordt een vraag naar de centrale rekenmachine te Denver, Colorado, gezonden. Deze zendt op haar beurt na het behandelen van de vraag het antwoord naar de boekingsmachine. Dit antwoord wordt aan de agent getoond in de vorm van lichtsignalen of van getypte tekst of zo nodig van beide.

De centrale rekenmachine en de boekingsmachines voor de agenten werden geleverd door „The Teleregister Corporation of Hartford", Connecticut, die als hoofdaannemer van het enorme project de hulp van Philips inriep om de voor dit systeem benodigde apparatuur, voor het super-snel overbrengen van vragen en antwoorden tussen boekingsmachines en centrale rekenmachine vice versa, te ontwikkelen en te fabriceren. Deze uitwisseling van gegevens moest met een snelheid van 1300 woorden per minuut plaatsvinden.

De verbindingswegen tussen deze speciaal ontwikkelde apparatuur zijn telefoontransmissie kanalen met een totale lengte van 19.000 kilometer met Denver als centraal knooppunt. In het hoofdnetwerk van dit systeem zijn negen belangrijke Amerikaanse steden ten Oosten van Denver verenigd en acht steden ten Westen ervan. In deze zeventien knooppunten, die samen het hoofdcircuit vormen, zijn schakelstations, de concentrators genaamd, opgesteld. Alle agentschappen en reisbureaus, die rechtstreeks met een dergelijk knooppunt verbonden zijn, krijgen in minder dan één seconde antwoord op hun vraag.

Aan de knooppunten van het super snelle hoofdcircuit zijn ook nog secundaire, of „langzame" circuits" gekoppeld die de minder belangrijke hoofdplaatsen verzorgen. Agenten die via een dergelijk langzaam circuit aan het hoofdcircuit, en daarmee ook aan de rekenmachine gekoppeld zijn, krijgen hun antwoord in minder dan vijf en een halve seconde. Ter verkrijging van een vrijwel feilloze werking gedurende vierentwintig uur van elke dag, is de belangrijkste apparatuur in duplo uitgevoerd en neemt in geval van storingen automatisch de niet gestoorde helft het werk van de gestoorde helft over.

Het gehele communicatie systeem controleert zich zelf iedere seconde. Alarminstallaties tonen in geval van lijnstoring onmiddellijk waar de onderbreking in de lijn optreedt en zorgen automatisch voor een omleiding via niet gestoorde lijnstukken. Dit gebeurt allemaal zo snel, dat een agent hiervan niets zal merken. Mocht zich ondanks deze maatregelen een storing in de berichtgeving voordoen, dan wordt dit automatisch gemeld en wordt de vraag of het antwoord herhaald.

Door deze maatregelen wordt een groot deel van boekingsfouten die bij de gangbare vliegtuigpassagereservering optreden, geëlimineerd en wordt een optimale plaatsbezetting van de vliegtuigen verkregen.

Ruim 2500 agenten van de United Air Lines en Capital Airlines in de Verenigde Staten kunnen in totaal aan het reserveringssysteem aangesloten worden.

CONGRESSEN E.D.

4e Internationale Congres over Microgolfbuizen.

Het 4e Internationale Congres over Microgolfbuizen, georganiseerd door het Nederlands Radiogenootschap, in samenwerking met U.R.S.I., zal plaats hebben in de gebouwen van de Technische Hogeschool te Delft, van 3-7 september 1962.

Hiermede wordt een voortzetting bereikt van de drie voorgaande congressen, namelijk die te Parijs (1956), Londen (1958) en München in 1960.

Het 4e congres behandelt de laatste ontwikkelingen op het gebied van de theorie en het ontwerp van microgolfbuizen, en aanverwante onderwerpen.

Voordrachten over onderstaande onderwerpen worden gaarne verzocht:

1. Diodes en buizen met roosterbesturing.
2. Looptijdbuizen.
3. Lopendegolfbuizen.
4. Teruglopendegolfbuizen.
5. Magnetrons en M-type versterkbuizen.
6. Parametrische schakelelementen.
7. Gasontladings schakelelementen.
8. Masers, irasers en lasers.
9. Speciale buizen („undulators", Cerenkov effect, generatoren voor het opwekken van harmonischen, enz.).
10. Ruis.
11. Elektronenmechanica (elektronenkanon, focussering, enz.).
12. Trilholtes en langzamegolfsystemen.
13. Ruimteladingsgolven.
14. Meettechniek.
15. Technologie.

Nadere gegevens kunnen worden aangevraagd bij het Congresbureau, Postbus 62, Eindhoven.

Radio- en Televisietentoonstelling.

Van 14-25 september 1961 wordt in Parijs een Radio- en Televisietentoonstelling gehouden georganiseerd door de Radiodiffusion Télévision Française en de Fédération Nationale des Industries Electroniques.
Inlichtingen: F.N.I.E. 23, Rue de Lubeck, Paris XVI.

Internationale Tentoonstelling Elektronische onderdelen.

Door de Fédération Nationale des Industries Electroniques Françaises wordt van 16-20 februari 1962 in Parijs weer een tentoonstelling georganiseerd van elektronica componenten.
Inlichtingen: F.N.I.E. 23, Rue de Lubeck, Paris XVI.

BOEKBESPREKINGEN

Principles of Transistor Circuits. Introduction to the design of amplifiers, receivers and other circuits, by S. W. Amos BSc. (Hons.), A.M.I.E.E., Iliffe Books Ltd, tweede druk 1961. 210 blz., 125 figuren, afm. 8¾" x 5½". Prijs 21 sh.

Deze tweede druk verschilt belangrijk van de eerste uitgave, waarbij in dit geval de verandering een belangrijke verbetering is te noemen. Puntcontact transistoren zijn, gelukkig, verdwenen; de driftveld-transistor en zijn toepassingen in pulsversterkers en h.f.-ontvangers wordt nu ook besproken. Tevens is het

„natuurkundige" gedeelte herschreven, terwijl ook de bespreking van multivibratoren belangrijk en juist is uitgebreid.

Het boekje heeft zo aanzienlijk aan waarde gewonnen; het lijkt nu tevens zeer geschikt voor beroepsgebruik in de kringen van middelbare en hogere radiotechnici, mede doordat regelmatig door het boekje heen nuttige rekenvoorbeelden worden gegeven. Jammer is, dat door een gebrek aan een systematische opbouw het niet als een leerboek geschikt is.

E. E. P. P.

„Grondslagen van de Radiobuizentechniek", door ir. J. Deketh. Philips Technische Bibliotheek, heruitgave 1961, 248 blz., 241 figuren. 15 x 22 cm. Prijs *f* 8,90.

Bij de totstandkoming van deze heruitgave werd uitgegaan van de eerste editie van het gelijknamige boek uit 1943. Hiervan werden alleen de eerste zestien hoofdstukken opgenomen alsmede het Aanhangsel. De nadruk is hierdoor komen te liggen op de fysische en technologische grondslagen van de radiobuis. Ten opzichte van de editie uit 1946 is er nog een verschil nl. het ontbreken van het hoofdstuk over de voorstelling van de $I_a - V_g$ karakteristiek door een machtreeks.

Van een herdruk van het gehele oorspronkelijke werk moest in verband met de daarvoor noodzakelijke uitgebreide bewerking voorlopig worden afgezien. Niettemin hebben wij reden aan te nemen dat ook deze verkorte uitgave speciaal in onderwijskringen welkom zal zijn.

K.

„Thyratrons", door C. M. Swenne, Philips Technische Bibliotheek 1960, 73 blz., 68 figuren, 5¾ x 8⅓". Prijs *f* 6,75.

In de Populaire Reeks van Philips Technische Bibliotheek verscheen een eenvoudig boekje over het thyratron en zijn toepassingen.

De eerste twee hoofdstukken zijn gewijd aan de fysische grondslagen en de elektrische eigenschappen van het thyratron. In hoofdstuk III worden dan de grondschakelingen voor rooster- en anodecircuit besproken en het slothoofdstuk is gewijd aan toepassingen op uiteenlopende gebieden.

Het boekje wil zijn een inleiding tot dit deel der industriële elektronica voor hen die hiervan een algemene indruk willen krijgen. Opzet en omvang van het werkje zijn hiermede in overeenstemming.

Het verscheen tot nu toe alleen in de Engelse taal echter met de toezegging dat o.a. ook een Nederlandse editie zal volgen.

K.

Uit het Nederlands Radiogenootschap

VERSLAG VAN HET EXAMEN VOOR RADIOTECHNICUS, RADIOMONTEUR EN TELEVISIE-TECHNICUS GEHOUDEN IN HET VOORJAAR 1961

De schriftelijke examens werden gehouden op 10 en 17 april 1961. De mondelinge examens vonden plaats op 25, 26, 29, 30 mei, 8, 9, 15, 16, 19, 20 en 26 juni 1961.

Wegens het gering aantal candidaten (5) werd het examen voor televisietechnicus op een dag afgenomen.

Het resultaat van het examen is hieronder vermeld.

SCHRIFTELIJK

	deelgenomen	vrijstelling	afgewezen
Radiotechnicus	272	—	144
Radiomonteur	256	—	134

MONDELING

	niet opgekomen	deelge- nomen	afge- wezen	her- examen	geslaagd
Radiotechnicus	—	128	48	17	63
Radiomonteur	1	121	41	7	73
Televisietechnicus	—	5	3	—	2

HEREXAMEN

	deelgenomen	afgewezen	geslaagd
Radiotechnicus	6	1	5
Radiomonteur	4	—	4

NIEUWE LEDEN

Ir. J. P. N. Schalkwijk, van Alkemadelaan 73, Den Haag.
Ir. C. Wit, Jasmijnstraat 3, Pijnacker.

VOORGESTELDE LEDEN

Ir. T. Q. Bennebroek, Fazantplein 4, Den Haag.
Ir. R. F. A. Mugie, Prins Hendrikplein 46, Leidschendam (PTT-DNL).

ADRESWIJZIGINGEN

Ir. E. H. Boiten, Laan van Avegoor 18, Ellecom.
S. Breimer, Woensbergstraat 3, Huizen (N.H.).
Ir. P. A. van Deinse, Admiraal van Gentstraat 9, Utrecht.
Dr. Ir. H. J. Heijn, 't Geluk 1, Geldrop.
Ir. J. F. H. Klinkhamer, Molenheide 16, Lieshout.
Ir. A. Kok, Burg. van Walsumlaan 67, Vlaardingen.
Ir. S. Kukler, Slingelandtlaan 7, Leiden.
Ltz (E) 1 b.d. R. F. M. Leonhard, Willem Klooslaan 77, Eindhoven.
Ir. J. Th. A. van Lottum, 't Geluk 17, Geldrop.
W. F. Springer, Geldropseweg 152, Eindhoven.
Ir. J. Starreveld, Ericaweg 9, Huizen (N.H.).
Ir. A. Versnel, Hubertus v. d. Clusenstraat 4, Waalre (N.B.).
Ir. W. M. Winkel, Parelmoerhorst 346, Den Haag.
Ir. L. E. Zegers, Beneden Beekloop 10, Geldrop.
Ir. L. C. Zonneveld, Lijsterlaan 13, Eindhoven.

Dit nummer werd gedrukt op 31 juli 1961.